Pendidikan Teknik Elektro
Universitas Negeri Yogyakarta
2017

ISSN 0216 - 034X

PROSIDING
Seminar Nasional Pendidikan Teknik Elektro

SNPTE

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

YOGYAKARTA, 21 OKTOBER 2017

Peran Pendidikan Teknik Elektro dalam Pemenuhan Tenaga Profesional untuk Pembangunan Berkelanjutan

Diselenggarakan oleh :

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro - Fakultas Teknik
Bekerjasama dengan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro - Program Pascasarjana
Universitas Negeri Yogyakarta
Tahun 2017

Seminar Nasional Pendidikan Teknik Elektro 2017

Peran Pendidikan Teknik Elektro dalam Pemenuhan Tenaga Profesional untuk Pembangunan Berkelanjutan

DEWAN PENYUNTING

KETUA PENYUNTING
Dr. Istanto Wahyu Djatmiko

PENYUNTING
Sigit Yatmono, M.T.
Eko Prianto, S.Pd.T., M.Eng.
Toto Sukisno, M.Pd
Muhfizaturrahmah, M.Eng

LAYOUT AND DESIGN
Muhammad Yafie Nuha, S. Pd.
Rizaulhaq, S. Pd.
Ridwan, S. Pd.
Irma Agustina Manalu, S. Pd.
Desy Ayu Permatasari, S.Pd
Eva Monika Nahulae, S.Pd
Ary Prayogo, S.Pd

DESAIN SAMPUL
Okky Widiantama
Fanani Arief Ghozali

Alamat Redaksi/ Penerbit :
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNY
Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 293, (0274) 548161, Fax. (0274) 586734
Laman : http://elektro.uny.ac.id E-mail : ptelektro@yahoo.com, elektro@uny.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga pelaksanaan "Seminar Nasional Pendidikan Teknik Elektro (SNPTE) XI 2017" dapat terlaksana dengan baik. Penyelenggaraan SNPTE 2017 yang diselenggarakan mulai tahun 2004 ini merupakan kegiatan rutin yang dilaksanakan setiap tahun oleh Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Pada tahun ini penyelenggaraan SNPTE 2017 bekerjasama dengan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.

Tema yang dipilih setiap tahunnya selalu berubah sesuai dengan kondisi kebutuhan di dunia pendidikan teknik elektro saat ini. Tema pada tahun ini adalah "Peran Pendidikan Teknik Elektro dalam Pemenuhan Tenaga Profesional untuk Pembangunan Berkelanjutan". Makalah yang dipresentasikan dalam SNPTE merupakan makalah yang ditulis peneliti dari berbagai kalangan pendidik, peneliti, maupun praktisi. Makalah dalam prosiding ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang pendidikan teknik elektro untuk peningkatan pemenuhan tenaga profesional untuk pembangunan berkelanjutan. Prosiding ini disusun sebagai tindak lanjut kegiatan seminar yang telah dilaksanakan. Makalah dalam prosiding ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu Bidang Pendidikan dan Bidang Teknologi.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, para reviewer dan seluruh civitas akademika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan banyak kontribusi. Kami sampaikan terimakasih kepada para peserta, pemakalah dan para mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu sehingga kegiatan SNPTE 2017 dapat terlaksana dengan baik.

Kami menyadari, bahwa penyusunan Prosiding SNPTE 2017 ini masih banyak terdapat kekurangan. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk perbaikan pelaksanaan SNPTE di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 20 Oktober 2017
Tim Redaksi

TIM REVIEWER MAKALAH

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Moh. Khairudin, M.T., Ph.D
Dr. Edy Supriyadi, M.Pd
Rustam Asnawi, M.T., Ph.D
Dr. Istanto Wahyu Djatmiko, M.Pd
Dr. Haryanto, M.Pd., M.T.
Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.
Dr. Zamtinah, M.Pd
Dr. Nurhening Yuniarti, M.T.

DAFTAR ISI

Hal

Halaman Judul i
Dewan Penyunting ii
Kata Pengantar iii
Tim Reviewer iv
Daftar Isi v

MAKALAH UTAMA

PENYIAPAN SDM KETENAGALISTRIKAN MELALUI JALUR PENDIDIKAN VOKASI 1
Munir Ahmad

Strategi Pembelajaran Industri (Industrial Learning) bidang Teknik Elektro Guna Pemenuhan Tenega Kerja Profesional 6
Widyo Isworo

Posisi dan Peran Bidang Ketenagalistrikan Dalam Pembangunan Berkelanjutan 12
Warsono

MAKALAH CALL PAPER

ANALISIS KEBUTUHAN PADA PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN GURU SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI BERBASIS MOBILE APPLICATION 17
Soeharto, Ariadie Chandra Nugraha, Muhammad Ali, dan Sukir

PROFIL GURU BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN 27
Istanto Wahyu Djatmiko, Sri Waluyanti, Thomas Sukardi, dan Lilik Chaerul Yuswono

PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA TRAINER PENGENDALI ELEKTROMAGNETIK 35
Hamdani, Fivia Eliza, dan Angga Mardani

VALIDITAS KONSTRAK INSTRUMEN ADAPTABILITAS KARIER BIDANG KELISTRIKAN 43
Muhammad Yafie Nuha, Ketut Ima Ismara, dan Nurhening Yuniarti

PENINGKATAN AKTIVITAS BELAJAR MAHASISWA DALAM PERKULIAHAN METODOLOGI PENELITIAN PENDIDIKAN 53
Sunaryo Soenarto, Totok Heru Tri Maryadi, Yuwono Indro Hatmojo, dan Muhfizaturrahmah

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN TAI TERHADAP HASIL BELAJAR MENDESKRIPSIKAN RANGKAIAN LOGIKA DASAR DI SMK N 2 MEDAN 62
Irma Agustina Manalu

ANALISIS PENGEMBANGAN KURIKULUM DAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BIDANG TEKNIK LISTRIK UNTUK PENDIDIKAN DAN PELATIHAN PT SUMMARECON AGUNG 69
Muhamad Ali, Joko Laras BT, dan Totok Heru TM

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN (JOBSHEET) PADA MATA KULIAH PRAKTIK TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 76
Zamtinah, Faranita Surwi, dan Toto Sukisno

PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL BERBASIS VLC DENGAN LED DAN PHOTOTRANSISTOR ARRAY 85
Retno Renggani Nugroho, Inung Wijayanto, Sugondo Hadiyoso

PENGENDALIAN LINGKUNGAN PADA BUDIDAYA BUNGA KRISAN BERBASIS TOP COYS (AUTOMATED PLANT CONTROLLING SYSTEMS) 93
Haris Erdyanto, Arif Lutfi Fuadi, Galih Jefry Sagita, dan Masruroh

STUDI KINERJA KENDALI DAYA KANAL UPLINK 4G LTE BERDASARKAN SIGNAL TO INTERFERENCE RATIO (SIR) 99
Sapta Nugraha dan Rozeff Pramana

ANALISIS PERFORMANSI METODE LOAD BALANCING MENGGUNAKAN CELL RANGE EXTENSION UNTUK SISTEM HETEROGENEOUS LTE-A 107
Fajar Wahyu Ardianto, Nachwan Mufti Adriansyah, dan Budi Syihabuddin

PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS 117
Salsabila Ulfah Tian dan Rustam Asnawi

MONITORING KECEPATAN DAN ARAH ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN KONSEP INTERNET OF THINGS 126
Athar Muhammad dan Rustam Asnawi

ANALISIS PERFORMANSI JENIS FORMAT MODULASI PADA NG-PON2 MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TWDM 134
Dwiki Kurnia, Akhmad Hambali, dan Brian Pamukti

TRAINER PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER UNTUK PEMBELAJARAN MENGOPERASIKAN SISTEM PENGENDALI ELEKTRONIK DI SMKN 1 PADANG 142
Fivia Eliza, Hamdani, dan Cut Rafika

ANTENA MIKROSTRIP DENGAN TEKNIK CATUAN PROXIMITY COUPLED UNTUK CP-SAR MENGGUNAKAN METODE DGS 152

Sherly Rahma Alfitri, Heroe Wijanto, dan Agus Dwi Prasetyo

DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNIT PERALATAN PRAKTIKUM PLC 24 V UNTUK SMK DAN PENDIDIKAN VOKASI 160
Sunomo, Andik Asmara, Herlambang Sigit, dan Nopa Widiyanto

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN ROBOT BIPEDAL NAVIGASI ARAH BERBASIS GRAPHICAL USER INTERFACE 164
Adhy Kurnia Triatmaja

SISTEM POWER SUPPLY TEGANGAN DAN ARUS BOLAK-BALIK TEROPTIMASI VOLT METER DIGITAL MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO 169
Aji Saputra dan Sunyoto

TEKNOLOGI PENGUSIR HAMA LALAT PADA HEWAN TERNAK DENGAN AROMA WANGI DAN SUARA GELOMBANG ULTRASONIK 179
Ahmad Nur Pantoro, Rochmad Fauzi, Galih Jefry Sagita

ANALISIS EFISIENSI GENERATOR LISTRIK TENAGA GAS PADA PEMBANGKITAN I TELLO PT. PLN (PERSERO) WILAYAH SULAWESI SELATAN 183
Rizalulhaq

KOMUNIKASI DATA ANTARA VISUAL STUDIO DAN SIMULATOR PLC SIEMENS 191
Rohjai Badarudin, Rustam Asnawi

MENINGKATKAN KOMPETENSI MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN INDUKTIF BERBANTUAN MOBILE LEARNING MEDIA 198
Tina Triasih dan Istanto Wahyu Djatmiko

IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI PID PADA MOTOR DC 210
M. Khairudin, A Candra, Muhfizaturrahmah, A. Asmara dan A Widi

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK (SIA) DI SMK MA'ARIF 1 KEBUMEN 214
Ari Prayogo

PENYIAPAN SDM KETENAGALISTRIKAN MELALUI JALUR PENDIDIKAN VOKASI

Munir Ahmad
Direktur Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan
Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Jl. H.R. Rasuna Said Blok X-2 Kav.7-8 Kuningan, Jakarta Selatan 12950, Indonesia

ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan salah satu komponen utama dalam mewujudkan dan meningkatkan kesejahteraan rakyat dan mencerdaskan kehidupan bangsa guna mewujudkan cita-cita bangsa, yaitu menciptakan masyarakat adil dan makmur yang merata materiil dan spiritual berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, yang dituangkan dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN). Sejalan dengan meningkatnya permintaan akan kebutuhan tenaga listrik yang merupakan kebutuhan pokok masyarakat modern serta dalam memperkuat ketahanan dan kedaulatan energi nasional, dengan melihat kondisi kelistrikan dan kapasitas terpasang pembangkit yang ada saat ini belum mencukupi kebutuhan tersebut, pemerintah mempunyai peran dalam menyediakan tenaga listrik bagi masyarakat luas untuk itu pemerintah berusaha meningkatkan pasokan tenaga listrik dengan menambah jumlah infrastuktur ketenagalistrikan, hal ini tentu saja diperlukan peningkatan jumlah ketersediaan tenaga teknik yang kompeten untuk mendukung pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan tersebut.
Kata kunci: tenaga teknik, standar kompetensi, ketenagalistrikan

ARAH KEBIJAKAN PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK

Pembangunan sektor ketenagalistrikan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pembangunan nasional, oleh karena itu sektor ketenagalistrikan ingin mewujudkan cita-cita membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan, meningkatkan kualitas hidup manusia dan masyarakat Indonesia, berperan dalam meningkatkan produktivitas rakyat dan daya saing di pasar Internasional sehingga bangsa Indonesia bisa maju dan bangkit bersama bangsa-bangsa Asia lainnya serta mewujudkan kemandirian ekonomi dengan menggerakkan sektor-sektor strategis ekonomi domestik, yang semua itu merupakan bagian dari Nawa Cita, melalui penetapan RUKN, yang berisikan antara lain tentang kebijakan ketenagalistrikan nasional, arah pengembangan penyediaan tenaga listrik ke depan, kondisi kelistrikan saat ini, proyeksi kebutuhan tenaga listrik untuk kurun waktu dua puluh tahun ke depan, potensi sumber energi primer di berbagai provinsi yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik serta kebutuhan investasinya. RUKN ditetapkan sebagai acuan dalam pembangunan dan pengembangan sektor ketenagalistrikan di masa yang akan datang bagi pemerintah daerah dan Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik, khususnya yang memiliki wilayah usaha, dengan landasan hukum:

- Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan;
- Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2014;
- Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2012 tentang Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik;
- Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional

Penyediaan tenaga listrik dikuasai oleh negara yang penyelenggaraannya dilakukan oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah. Untuk penyelenggaraan penyediaan tenaga listrik,

Pemerintah dan Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya menetapkan kebijakan, pengaturan, pengawasan, dan melaksanakan usaha penyediaan tenaga listrik. Pelaksanaan usaha penyediaan tenaga listrik oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah dilakukan oleh badan usaha milik negara dan badan usaha milik daerah. Namun demikian, badan usaha swasta, koperasi dan swadaya masyarakat dapat berpartisipasi dalam usaha penyediaan tenaga listrik. Dalam penyediaan tenaga listrik tersebut, Pemerintah dan Pemerintah Daerah menyediakan dana untuk kelompok masyarakat tidak mampu, pembangunan sarana penyediaan tenaga listrik di daerah yang belum berkembang, pembangunan tenaga listrik di daerah terpencil dan perbatasan, dan pembangunan listrik perdesaan. Selain itu, Pemerintah dan Pemerintah Daerah memberikan perhatian lebih untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di pulau-pulau terluar melalui implementasi nyata sehingga seluruh lapisan masyarakat mendapat akses listrik.

KONDISI DAN TANTANGAN KETENAGALISTRIKAN INDONESIA

Pengembangan kapasitas pembangkit tenaga listrik terutama berdasarkan pertumbuhan permintaan tenaga listrik pada suatu daerah. Permintaan tersebut dapat berasal dari sektor rumah tangga, bisnis, industri maupun publik. Permintaan tenaga listrik dari sektor rumah tangga termasuk untuk peningkatan rasio elektrifikasi sebagaimana yang ditargetkan. Permintaan tenaga listrik dari sektor industri termasuk untuk mendukung kecukupan ketersediaan tenaga listrik bagi Kawasan Strategis Nasional (KSN).

Target peningkatan rasio elektrifikasi berdasarkan pada Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang menargetkan tercapainya rasio elektrifikasi mendekati 100% pada tahun 2020. Target peningkatan rasio elektrifikasi menjadi sekitar 97,35% pada tahun 2019 membutuhkan penambahan rumah tangga berlistrik rata-rata sekitar 2,5 juta per tahun, rata-rata sekitar 1,01 juta per tahun untuk mencapai 100% pada tahun 2025, dan rata-rata sekitar 0,53 juta per tahun untuk mempertahankan 100%.

Penambahan kapasitas pembangkit juga diarahkan untuk meningkatkan cadangan dan terpenuhinya margin cadangan (*reserve margin*) dengan mengutamakan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan dengan membatasi rencana pengembangan pembangkit BBM secara ketat.

Pengembangan pembangkit BBM sangat terbatas untuk menjaga keandalan sistem, untuk hal yang yang bersifat mendesak seperti penanggulangan daerah krisis penyediaan tenaga listrik jangka pendek atau daerah-daerah yang tidak memiliki sumber daya alam lain. Selain itu, pengembangan pembangkit tenaga listrik juga diarahkan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di pulau-pulau terluar sehingga seluruh lapisan masyarakat mendapatkan akses listrik. Mekanisme pengembangan pembangkit tenaga listrik yang dapat diimplementasikan untuk pulau-pulau terluar adalah pembangkit tenaga listrik gabungan (*hybrid*), yaitu pembangkit utama menggunakan energi baru dan terbarukan digabungkan dengan pembangkit lain sebagai cadangan (*back-up*) yang menggunakan energi konvensional untuk pemenuhan kebutuhan tenaga listrik.

Pembangunan pembangkit baru, baik yang dilaksanakan oleh Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik maupun yang akan dimitrakan dengan Koperasi atau Badan Usaha lainnya harus mengacu kepada RUKN.

Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) guna mencukupi kebutuhan tenaga listrik masih dapat dilakukan namun mengutamakan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi tinggi. Pengembangan pembangkit *Clean Coal Technology* (CCT) atau *High Efficiency Low Emission* (HELE) perlu dipertimbangkan untuk implementasinya khususnya pada sistem kelistrikan yang telah mapan. Kelas kapasitas pembangkit yang akan dikembangkan harus disesuaikan dengan tingkat kebutuhan sistem tersebut dan rencana pengembangan kedepannya. Adapun guna memanfaatkan potensi batubara di mulut tambang, PLTU mulut tambang dapat dipertimbangkan untuk dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik setempat atau mengirim tenaga listrik ke sistem kelistrikan di daerah lainnya.

Pengembangan pembangkit tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan beban puncak

diupayakan dengan mengembangkan pembangkit listrik berbahan bakar gas, dan pembangkit listrik tenaga air dengan teknologi *pump storage* atau type bendungan, sehingga pengembangan pembangkit BBM untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada waktu beban puncak diminimalkan atau dibatasi. Pengembangan pembangkit berbahan bakar gas harus memperhatikan ketersediaan pasokan gas.

Pengembangan pembangkit tenaga listrik lainnya yang menggunakan energi baru dan terbarukan terus di dorong pemanfaatannya disamping untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik juga dalam rangka menurunkan tingkat emisi CO_2 dengan memberikan skema investasi yang menarik dan harga jual tenaga listrik yang lebih kompetitif.

Berdasarkan KEN, peluang PLTN dalam penyediaan tenaga listrik relatif terbuka, dengan arti kata apabila target porsi energi baru dan energi terbarukan menjadi paling sedikit sebesar 23% pada tahun 2025 tetap harus tercapai walaupun realisasi pembangunan pembangkit yang memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti panas bumi, tenaga air, tenaga surya, dan lain-lain maupun jenis energi baru lainnya seperti hidrogen, gas metana batubara (*coal bed methane*), batu bara tercairkan (*liquified coal*), dan batubara tergaskan (*gasified coal*) belum dapat memenuhi target tersebut, maka energi nuklir sebagai salah satu pilihan pemanfaatan sumber energi baru dapat dijadikan alternatif pemenuhan target tersebut.

Namun demikian terdapat catatan bahwa energi nuklir dimanfaatkan dengan mempertimbangkan keamanan pasokan energi nasional dalam skala besar, mengurangi emisi karbon dan tetap mendahulukan potensi energi baru dan energi terbarukan sesuai nilai keekonomiannya, serta mempertimbangkannya sebagai pilihan terakhir dengan memperhatikan faktor keselamatan secara ketat.

Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang KEN, Pemerintah menargetkan porsi energi baru dan energi terbarukan terus meningkat sehingga menjadi paling sedikit sebesar 23% pada tahun 2025 sepanjang keekonomiannya terpenuhi. Dalam rangka mendukung target porsi energi baru dan energi terbarukan tersebut, diharapkan porsi bauran energi pembangkitan listrik pada tahun 2025 terdiri dari energi baru dan energi terbarukan sekitar 25%, batubara sekitar 50%, gas sekitar 24%, dan BBM sekitar sekitar 1%. Untuk pencapaian target porsi pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan tersebut diperlukan regulasi dan insentif yang lebih menarik.

Kebutuhan tambahan pembangkit tenaga listrik sampai dengan tahun 2025 adalah sekitar 108 GW yang mencakup kebutuhan tambahan pembangkit tenaga listrik di dalam maupun di luar wilayah usaha PT PLN (Persero). Dalam rangka pemenuhan kebutuhan tambahan pembangkit tenaga listrik di wilayah usaha PT PLN (Persero), Presiden telah mencanangkan Program Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik 35.000 MW di luar pembangkit yang sedang dalam tahap konstruksi sekitar 7.000 MW. Program tersebut diharapkan mampu menopang pertumbuhan ekonomi sekitar 5,8% pada tahun 2015 dan akan meningkat menjadi 8% pada tahun 2019 sebagaimana ditargetkan dalam RPJMN 2015-2019. Selain itu, pengembangan sistem transmisi tenaga listrik diarahkan kepada pertumbuhan sistem, peningkatan keandalan sistem dan mengurangi kendala pada sistem penyaluran serta adanya pembangunan pembangkit baru, memperhatikan bahwa Pemerintah tengah melaksanakan Program Pembangunan Pembangkit 35.000 MW maka pengembangan sistem penyaluran tenaga listrik untuk dua hingga lima tahun kedepan diprioritaskan pembangunannya untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit baru program 35.000 MW tersebut.

USAHA PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK SKALA KECIL (UPTLSK)

Pengembangan listrik perdesaan diarahkan untuk membantu kelompok masyarakat tidak mampu, menjaga kelangsungan upaya perluasan akses pelayanan listrik pada wilayah yang belum terjangkau listrik, mendorong pembangunan/pertumbuhan ekonomi, dan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Agar pengembangan listrik perdesaan dapat berjalan dengan baik, maka ketersediaan pendanaan untuk pelaksanaan program listrik perdesaan perlu tetap dialokasikan secara berkesinambungan. Dalam upaya penyediaan

tenaga listrik untuk listrik perdesaan, potensi energi setempat perlu diprioritaskan dan upaya pemberdayaan kemampuan masyarakat perlu didorong.

Pembangunan listrik perdesaan berperan penting dalam peningkatan rasio elektrifikasi, dengan rasio elektrifikasi sekitar 91,16% pada akhir tahun 2016 berarti masih ada sekitar 8,84% rumah tangga yang belum berlistrik, yang pada umumnya berada di daerah perdesaan.

Untuk melistrik 8,84% rumah tangga tersebut, upaya-upaya yang dilakukan akan semakin rumit secara teknis dan akan makin mahal secara ekonomi karena harus menjangkau daerah-daerah terpencil dengan perumahan penduduk yang tersebar. Di saat yang sama, semakin pelosok area masyarakat tinggal, semakin rendah pula daya beli mereka untuk membeli listrik sehingga subsidi listrik dibutuhkan. Untuk menghadapi tantangan tersebut, solusi listrik *off-grid* menjadi pilihan lebih menarik.

Lokasi rumah penduduk yang sangat jauh dari pusat pembangkit maupun gardu induk berdampak pada semakin mahalnya biaya penambahan jaringan. Oleh karena itu penggunaan pembangkit listrik skala kecil seperti PLTMH, PLTBayu atau energi setempat lainnya dan sistem kelistrikan rumah tangga secara individual yang menggunakan energi terbarukan seperti *Solar Home System* (SHS) menjadi salah satu pilihan solusi.

USAHA PERCEPATAN PENINGKATAN SDM KOMPETEN

Pemerintah menyadari bahwa untuk memenuhi dan menyiapkan kebutuhan tenaga teknik kompeten dalam memenuhi permintaan yang tinggi dalam usaha ketenagalistrikan perlu dilakukan kerjasama dan bersinergi antar kementerian dan instansi terkait dengan penyiapan sumber daya manusia untuk menyiapkan SDM berbasis kompetensi ketenagalistrikan yaitu dengan *Link and Match* antara pendidikan vokasi/keterampilan atau pelatihan dengan usaha bidang ketenagalistrikan, serta melaksanakan harmonisasi untuk saling pengakuan terhadap standar dan sertifikat kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan.

Proyeksi kebutuhan tenaga teknik pada usaha ketenagalistrikan dapat ditentukan dengan menggunakan asumsi berdasarkan kondisi di lapangan saat ini, sebagai faktor perbandingan jumlah tenaga teknik yang dibutuhkan:

1. Bidang pembangkit
   Proyeksi kebutuhan tenaga teknik pada bidang pembangkit dapat ditentukan dengan faktor perbandingan antara kapasitas pembangkit dengan jumlah tenaga teknik (TT) dan jenis pembangkitnya.

Tabel 1. Faktor Perbandingan Antara Kapasitas Pembangkit dengan Jumlah Tenaga Teknik Bidang Pembangkit

NO.	JENIS PEMBANGKIT	FS DAN PRA (MW/TT)	BASIC DESIGN (MW/TT)	EPC (MW/TT)	O & M (MW/TT)
1	PLTM	0.97	0.97	0.61	0.32
2	PLTU	69.27	58.68	7.14	3.22
3	PLTGU	121.42	93.40	12.56	5.88
4	PLTA	8.86	6.89	1.46	2.15
5	PLTA PS	148.57	115.56	20.39	13.00
6	PLTP	8.58	6.44	1.07	1.58
7	PLTMG	4.05	3.52	1.06	1.63
8	PLTB	10.00	10.00	7.14	2.17
9	PLTGU/MG	308.33	231.25	25.00	7.74
10	PLTS	0.38	0.38	0.25	0.19
11	PLTG	15.32	15.32	3.62	4.00
12	PLTD	1.67	1.43	0.28	0.67

13	PLTU-Bi	1.67	1.25	0.34	0.24

2. Bidang transmisi tenaga listrik
   Proyeksi kebutuhan tenaga teknik pengoperasian dan pemeliharaan pada bidang transmisi dapat ditentukan dengan asumsi sebagai berikut :
   - Untuk jaringan diasumsikan dalam 16 kms membutuhkan 1 orang;
   - Untuk Gardu Induk (GI) diasumsikan dalam 1 unit GI membutuhkan 8 orang.
3. Bidang distribusi tenaga listrik
   Proyeksi kebutuhan tenaga teknik pengoperasian dan pemeliharaan pada bidang Distribusi dapat ditentukan dengan asumsi untuk sejumlah 1500 pelanggan membutuhkan 1 orang.
4. Bidang pemanfaatan tenaga listrik
   Proyeksi kebutuhan tenaga teknik bidang pemanfaatan tenaga listrik dapat ditentukan dengan asumsi sebagai berikut :
   - Untuk pembangunan dan pemasangan diasumsikan dalam 1 hari di butuhkan 2 orang untuk 2 rumah.
   - Untuk pemeriksaan dan pengujian diasumsikan dalam 1 hari dibutuhkan 2 orang untuk 5 rumah.
   - Untuk pengoperasian diasumsikan dalam 1 hari di butuhkan 2 orang untuk 2 rumah.

Dalam rangka melaksanakan program tersebut diatas pemerintah memberikan acuan yang jelas bagi pemangku kepentingan untuk berperan aktif dalam menyiapkan tenaga teknik yang kompeten, yaitu pemerintah mewajibkan bagi setiap tenaga teknik yang bekerja pada usaha ketenagalistrikan untuk memenuhi standar kompetensi yang dibuktikan dengan kepemilikan sertifikat kompetensi. Ketentuan ini juga berlaku bagi tenaga kerja asing yang berkerja pada sektor ketenagalistrikan.

Untuk melaksanakan kebijakan tersebut diatas pemerintah memberlakukan dan menetapkan standardisasi kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan, adapun tujuan dari permberlakuan dan penetapan standar kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan tersebut antara lain sebagai berikut:

- Memberikan dasar dan pedoman pelaksanaan yang menjadi acuan oleh pemangku kepentingan untuk setiap kegiatan yang meliputi sertifikasi kompetensi, perumusan rancangan standar latih kompetensi dan perumusan kebijakan keteknikan bidang ketenagalistrikan;
- Menunjang usaha ketenagalistrikan dalam mewujudkan ketersediaan tenaga listrik yang andal, aman, dan akrab lingkungan;
- Mewujudkan peningkatan Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan;
- Mewujudkan tertib penyelenggaraan pekerjaan pada usaha ketenagalistrikan;
- Mewujudkan konsistensi dan mampu telusur penerapan standar kompetensi; dan
- Meningkatkan keunggulan kompetitif tenaga teknik ketenagalistrikan.

Pelaksanaan standardisasi kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan dilakukan dalam bentuk kegiatan yang berkaitan dengan perumusan dan pengembangan, verifikasi, penetapan dan pemberlakuan, kaji ulang, penerapan, harmonisasi, serta pembinaan dan pengawasan standar kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan. Selanjutnya standar kompetensi dapat dikemas sesuai okupasi jabatan tenaga teknik dalam bidang pekerjaan pada usaha ketenagalistrikan.`

Untuk pemenuhan standar kompetensi oleh tenaga teknik, dinilai melalui kegiatan sertifikasi kompetensi sesuai okupasi jabatan tenaga teknik, yang dilakukan oleh Lembaga Sertifikasi Kompetensi Akreditasi dan dibuktikan dengan sertifikat kompetensi yang diregistrasi pemerintah, kemudian dalam rangka meningkatan mutu pelayanan kepada masyarakat pemerintah memberlakukan sistem informasi sertifikasi kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan, dengan sistem online SISKTTK proses registrasi sertifikat yang dilakukan pemerintah sebagai bentuk pengawasan terhadap pelaksanaan sertifikasi menjadi lebih cepat dan efisien. Melalui Standardisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan diharapkan tenaga teknik semakin terlatih dan kompeten untuk memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan, serta sekaligus memiliki daya saing di pasar internasional.

DAFTAR REFERENSI

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral "Draft Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2018-2037", Jakarta, 2017-2018

STRATEGI PEMBELAJARAN INDUSTRI (INDUSTRIAL LEARNING) BIDANG TEKNIK ELEKTRO GUNA PEMENUHAN TENEGA KERJA PROFESIONAL

Widyo Isworo
Human Capital Manager PT Len Industri (Persero)

ABSTRAK

Pemerintah di bawah kepemimpinan Presiden Jokowi mulai merencanakan pembangunan infrastruktur mulai tahun 2015 sampai 2019. Rencana itu meliputi pembangunan jalan raya, penyediaan sarana transportasi masal darat, pembangunan jalan kereta api, pembangunan transportasi laut dan udara. Selain itu pembangunan infrastruktur yang direncanakan pembangkit listrik 35 ribu MW, kilang minyak, jaringan gas kota, sarana air minum di perkotaan dan pedesaaan, sistim pengolahan air limbah dan waduk untuk irigasi.

Adalah hal yang wajar bila rencana pembangunan tersebut membutuhkan SDM professional yang kompeten di bidangnya. Tetapi pada kenyataannya pasokan SDM Nasional yang kompeten untuk mendukung rencana pembangunan tadi tidaklah cukup, menurut laporan PII (2014) di tahun 2015 sampai dengan tahun 2015 Indonesia akan kekurangan 10.000 insinyur per tahun. Atas kekurangan tersebut kemungkinan besar akan diisi oleh SDM dari luar negeri, hal ini dikarenakan mulai tahun 2015 MEA sudah berjalan dan ini memungkinkan bebas keluar masuknya tenaga professional diantara negara-negara ASEAN.

Strategi harus disiapkan oleh Lembaga Pendidikan di dalam menghasilkan tenaga kerja yang professional dan berkompeten di bidang-bidang yang dibutuhkan. Strategi ini ada jangka panjang, menengah dan pendek. Di dalam merumuskan strategi tersebut harus melibatkan semua pemangku kepentingan, yaitu internal lembaga pendidikan, lingkungan eksternal dan industri sebagai pasar. Keluaran dari strategi lembaga pendidikan tersebut diantaranya adalah tenaga kerja dan hasil penelitian yang dapat diserap oleh industri.
Kata kunci: SDM, tenaga kerja, profesional.

ABSTRACT

The government under the leadership of President Jokowi began to plan infrastructure development from 2015 to 2019. The plan includes the construction of roads, the provision of land transportation, the construction of railways, the development of sea and air transportation. In addition to the planned infrastructure development of 35 thousand MW power plants, oil refineries, urban gas networks, urban and rural drinking water facilities, wastewater treatment systems and reservoirs for irrigation.

It is natural that the development plan requires a competent professional human resources in the field. But in fact the competent supply of competent national human resources to support the development plan is not enough, according to a PII report (2014) in 2015 to 2015 Indonesia will lack 10,000 engineers per year. The shortfall is likely to be filled by human resources from abroad, this is because starting in 2015 MEA has been running and this allows free entry of professional personnel among ASEAN countries.

The strategy should be prepared by the Institute of Education in producing professional and competent personnel in the required fields. This strategy is long term, medium and short term. In formulating the strategy must involve all stakeholders, internal of educational institutions, external environment and industry as a market. Outputs of the educational institution strategy include labor and research results that can be absorbed by the industry.
Keywords: *HR, labor, professional.*

LATAR BELAKANG

Setelah terpilih menjadi Presiden, Jokowi mulai merencanakan pembangunan infrastruktur mulai tahun 2015 sampai 2019. Adapun rencana pemerintah tersebut seperti yang disampaikan BAPPENAS yang diolah dalam Detik.com meliputi pembangunan jalan, bandara, pelabuhan, rel kereta api, dan sarana transportasi publik lainnya (angkutan massal di perkotaan), sebagaimana berikut;

- Pembangunan Jalan, meliputi; Jalan baru sepanjang 2.650 kilometer, Jalan Tol sepanjang 1.000 kilometer dan Pemeliharaan jalan sepanjang 46.770 kilometer.
- Pembangunan Jalan Kereta Api sepanjang 3.258 kilometer di Jawa, Sumatera, Sulawesi dan Kalimantan yang terdiri atas;

Jalan kereta api antar perkotaan sepanjang 2.159 kilometer dan Jalan kereta api perkotaan sepenjang 1.099 kilometer

- Pembangunan Infrastruktur Transportasi Udara dan pendukungnya meliputi; Pembangunan 15 bandara baru, Pengembangan bandara untuk pelayanan kargo udara di 6 lokasi, Pengadaan 20 buah pewasat perintis.
- Pembangunan Transportasi Laut yang meliputi; Pembangunan 24 pelabuhan baru, Pengadaan 26 kapal barang perintis, Pengadaan 2 kapal ternak, Pengadaan 500 unit kapal rakyat, Pembangunan pelabuhan penyeberangan di 60 lokasi dan Pengadaan kapal penyeberangan perintis sebanyak 50 unit kapal .
- Penyediaan sarana transportasi darat meliputi; Pembangunan angkutan masal cepat di kawasan perkotaan yaitu 6 kota metropolitan dan 17 kota besar, serta Pembangunan BRT (Bus Rapit Transit) di 29 kota.

Selain pembangunan infrastruktur utama tersebut, akan dibangun juga infrastruktur pendukung lainnya antara lain pembangunan waduk untuk irigasi, kilang minyak, pembangunan sistem air limbah, Jaringan gas kota, pembangkit listrik sebesar 35 ribu MW, pembangunan sarana penyediaan air minur di perkotaan dan perdesaan. (Direktorat Perundingan Perdagangan Jasa Direktorat Jenderal Kerja Sama Perdagangan Internasiaonal Kementerian Perdagangan Tahun 2015).

KURANGNYA DUKUNGAN SDM YANG BERKOMPETEN

Besarnya rencana pembangunan infrastruktur pemerintahan Jokowi dari tahun 2015 sampai dengan 2019 ternyata bukannya tanpa masalah. Salah satu masalah mendasar dari rencana program pemerintah ini adalah kurang siapnya dukungan SDM nasional yang berkompeten di bidangnya. Momentum besarnya rencana pembangunan infrastruktur ternyata tidak memberi dukungan SDM Nasional untuk bisa optimal naik dikarenakan pada saat yang hampir bersamaan mulai berlaku MEA yang akan membuka akses pasar bagi pemasok jasa asing dari negara-negara anggota ASEAN.

Bagi industri konstruksi nasional, MEA terutama akan berpengaruh pada masuknya produk barang, jasa, tenaga ahli, dan tenaga terampil konstruksi. Masuknya produk barang dan jasa baik sebagai bahan baku maupun barang jadi tanpa hambatan fiskal akan memperluas pasar dan diharapkan akan meningkatkan daya saing ASEAN. Secara positif masuknya produk dan jasa ASEAN akan mendorong peningkatan mutu produk dan jasa dalam negeri. Sisi negatifnya apabila ada yang belum siap, dalam hal ini kualitas SDM nasional, maka akan diisi dari negara anggota ASEAN yang lain.

Adanya rencana pembangunan infrastruktur ini menjadikan Indonesia sebagai pasar yang sangat seksi bagi penyedia jasa-jasa konstruksi ASEAN, bahkan menjadi pasar terbesar di kawasan ini. Seharusnya pasar yang sangat besar ini dapat dipenuhi oleh sumber daya nasional yang ada. Tetapi ternyata ada beberapa tantangan yang harus diselesaikan oleh seluruh pemangku kepentingan, menurut Kementrian Perdagangan (2015) diantaranya adalah:

- Output pendidikan formal yang belum siap kerja;
- Kualitas SDM Indonesia yang tidak merata (kesenjangan pembangunan ekonomi, gap antara Indonesia Bagian Barat dan Bagian Timur);
- Kualitas kompetensi tenaga kerja (pendidikan, pengalaman, bahasa, dll);
- Belum semua industri merekrut SDM-nya berbasis kompetensi;
- Prosedur, persyaratan dan kualifikasi/standar profesi pemasok jasa dan tenaga kerja sektor jasa belum komprehensif;
- Kurang minat ekspansi di negara ASEAN lain; “bila pasar tenaga kerja domestik masih ada, mengapa harus mencari di luar?” ;
- Kurangnya dukungan akses permodalan/pembiayaan bagi para pelaku usaha sektor jasa nasional;

- Ketidakjelasan arah pengembangan sektor jasa jangka menengah panjang membuat perencanaan bisnis cenderung terbatas pada jangka pendek – menengah.

Salah satu indikator tantangan akan kompetensi dan kualitas SDM nasional adalah rendahnya pertumbuhan insinyur nasional. Indonesia masih mengalami kekurangan jumlah insinyur dibandingkan dengan negara lainnya seperti Malaysia, Thailand, Vietnam, Korea, China dan India, hal ini ditunjukkan dalam tabel yang diambil dari Persatuan Insinyur Indonesia tahun 2014 dalam Kementrian Perdagangan (2015) sebagai dibawah, sedangkan Amerika Serikat memiliki rasio jumlah insinyur per satu juta penduduk adalah 5.174.

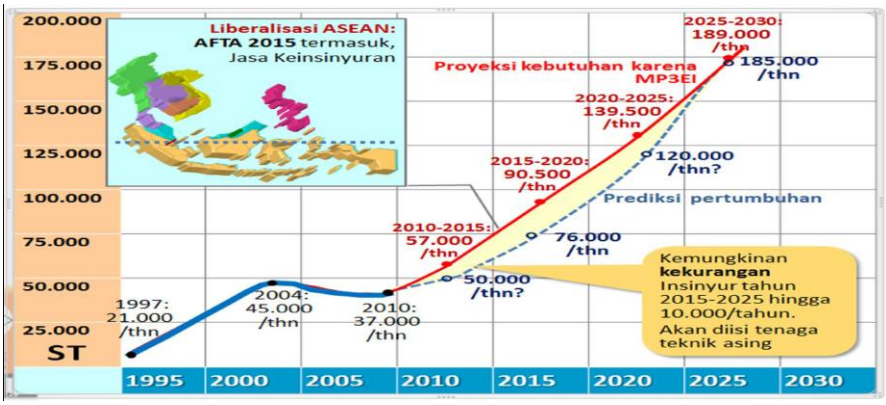
Tabel 1. Persatauan Insinyur Indonesia

		Negara							
Rasio	Satuan	Brazil	China	India	Indonesia	Korea	Malaysia	Thailand	Vietnam
Jumlah Insinyur	Insinyur/1 juta Penduduk	3053	5730	3380	2671	25309	3333	4121	9037
Pertumbuhan Insinyur	Insinyur/1 Juta Penduduk/Tahun	241	456	406	164	836	367	202	282

Sumber PII 2014 dalam Kementrian Perdagangan

Bila dilihat dari tabel, rasio pertumbuhan jumlah insinyur per tahunnya, Indonesia mengalami pertumbuhan paling rendah dibandingkan dengan Korea, Malaysia, Thailand, Vietnam, China, Brazil dan India. Indonesia baru dapat menghasilkan 164 orang insinyur per 1 juta penduduk setiap tahunnya. Sehingga dengan demikian tentunya Indonesia harus mampu mengejar ketertinggalan tersebut terlebih daya serap kebutuhan insinyur yang masih besar untuk mendorong pembangunan infrastruktur di Indonesia. Namun demikian, pertanyaan berikutnya adalah siapa yang akan menyerap tenaga kerja teknik lokal tersebut. Meskipun alternatifnya hanya ada 2 yaitu tenaga kerja konstruksi diserap oleh perusahaan konstruksi nasional atau perusahaan konstruksi internasional, namun sebaiknya tenaga-tenaga Teknik terbaik yang dihasilkan oleh lembaga pendidikan nasional dapat diserap oleh perusahaan konstruksi nasional.

Dengan meningkat pesatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia, dan dengan melihat kondisi rendahnya pertumbuhan jumlah insinyur dalam negeri akan mengakibatkan kekurangan insinyur yang tidak dapat mengisi kebutuhan dalam negeri sebagaimana terlihat pada grafik dibawah. Diprediksi dalam periode antara 2015-2025 Indonesia akan mengalami kekurangan insinyur sebanyak 10.000/tahun, dan kemungkinan gap ini akan dimanfaatkan oleh tenaga teknik dari negara lain khususnya dari ASEAN. Hal ini dikarenakan mulai tahun 2015 MEA sudah berjalan dan ini memungkinkan bebas keluar masuknya tenaga professional diantara negara-negara ASEAN.



Gambar 1. Laju Pertumbuhan Insinyur

Untuk mewujudkan program kerja pemerintah di bidang infrastruktur akan ada banyak sekali industri yang terlibat secara langsung maupun industri yang terdongkrak pertumbuhannya sebagai efek dari pembangunan ini. Diharapkan industri nasional dengan tenaga kerja lokal yang memegang peran utama dari pembangunan ini.

Sumber daya manusia merupakan faktor penting dalam pembangunan industri jasa, termasuk sektor jasa konstruksi. Penciptaan SDM yang siap kerja yang berkualitas dan dapat memenuhi tantangan pasar jasa konstruksi merupakan program jangka panjang yang perlu disiapkan sejak dini. Kesadaran akan pentingnya untuk meningkatkan kapasitas melalui pelatihan dan sertifikasi kompetensi perlu dibangun.

Lembaga Pendidikan sebagai pensuplay tenaga kerja berkompeten harus merumuskan strategi untuk memenuhi kekurangan tenaga ahli. Strategi yang dirumuskan mulai dari jangka pendek, menegah dan panjang. Untuk merumuskan strategi-strategi tadi diperlukan kejelasan dari tujuan dan keluaran masing-masing tipe strategi tersebut. Sebagai contoh salah satu keluaran dari strategi jangka pendek hingga menengah adalah dapat terpenuhinya kebutuhan kekurangan tenaga professional untuk mengerjakan program-program infrastruktur hingga tahun 2025.

Untuk pengembangan strategi jangka pendek dan menengah ini maka cabang-cabang ilmu kejuruan dan vokasi lebih dominan. Kurikulum cabang-cabang ilmu kejuruan dan vokasi ini akan lebih sering berubah disesuaikan dengan tuntutan industri atas keluaran dari lembaga pendidikan ini. Hal ini juga menuntut para pendidik untuk lebih dekat berkomunikasi dengan industri dan adaptive dengan perubahan yang terjadi di industri. Cara-cara yang dapat digunakan untuk menjalin kedekatan dengan industri antara lain dengan mengundang pembicara atau menghadiri seminar industrial, kunjungan atau magang di industri. Kunjungan atau magang industri tidak hanya dibutuhkan siswa, tetapi juga tenaga pengajar agar mendapatkan bekal didalam menyusun materi pengajarannya.

Salah satu contoh dalam melaksanakan strategi jangka pendek dan menengah ini adalah keterlibatan lembaga pendidikan dalam menyiapkan tenaga kerja yang tersertifikasi yang memenuhi standart BNSP. Lembaga Pendidikan dapat menjadi tempat pelaksana pendidikan dan bersama-sama dengan industri menyusun kurikulum yang sesuai dengan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), setifikasi kompetensi merupakan bukti tertulis yang diterbitkan oleh lembaga sertifikasi profesi terakreditasi yang menerangkan bahwa seseorang telah menguasai kompetensi kerja tertentu. Untuk mempercepat proses pendidikan ini maka kualifikasi inputan dari calon peserta pendidikan adalah yang sudah mengenal industri.

Bagi calon peserta pendidikan yang belum mengenal suasana kerja di industri, maka Lembaga Pendidikan dapat menjembatani dengan membuka program pemagangan bagi siswa-siswa tadi di Industri. Hal ini mengharuskan Lembaga Pendidikan untuk lebih erat bekerja sama dengan industri. Industri pada prinsipnya akan senang menerima siswa pemagangan ini, apabila siswa yang akan magang sudah setengah matang untuk bekerja dan waktu pemagangannya optimal. Untuk itu perlu pembekalan awal di Lembaga Pendidikan akan ketrampilan dan suasana kerja kepada para siswanya.

STRATEGI JANGKA PANJANG

Adapun untuk penyusunan strategi jangka panjang Lembaga Pendidikan harus lebih luas mempertimbangkan dan melibatkan faktor-faktor eksternal untuk membangun kemampuan dan faktor-faktor internal. Yang dapat digolongkan sebagai faktor eksternal diantarnya proyeksi industri di atas sepuluh tahun kedepan, kebijakan pemerintah, trend jangka panjang teknologi dunia dll. Strategi jangka panjang akan melibatkan ilmu yang cenderung tidak berubah (Basic Science) yang akan terus dipakai dan mendasari dari ilmu-ilmu aplikatif (Teknis).

Keterkaitan Lembaga Pendidikan dengan industri dalam strategi jangka panjang ini diantaranya adalah hasil riset dan paten

lembaga pendidikan yang dapat dipakai di industri. Hampir kebanyakan industri tidak direncanakan untuk memiliki unit Riset dan Pengembangan, karena selain mahal juga membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan manfaat dari riset tersebut. Sehingga sebagian besar industri tidak bisa berjalan sendiri dalam melakukan riset yang menguatkan inovasi mereka. Industri membutuhkan sinergi dengan pihak lain, seperti konsultan, akademisi dan pemerintah dalam mengembangkan penelitiannya. Karena itu, masing-masing pihak itu harus menyadari dan memahami pentingnya berjalan selaras bersama demi merasakan manfaat yang diharapkan.

Tetapi saat ini hubungan penelitian dari lembaga pendidikan, universitas dan pemerintah dengan industri memang belum terlalu dekat. Hal ini akibat adanya penelitian yang belum bisa mengikuti kebutuhan industri. Riset yang dihasilkan para peneliti sekadar ilmu atau tidak bertujuan untuk diindustrikan. Tampaknya, para peneliti belum terlalu akrab untuk bisa menyusun penelitian yang berkebutuhan pasar di masyarakat. (Republika, 2016)

Di samping itu, cara pandang dunia industri juga menjadi penyebab utama kurangnya sinergi penelitian dan industri. Cara pandangnya masih bersifat “trader”, bukan “investor”. Pandangan bersifat trader berarti tujuannya hanya pada keuntungan semata yang bakal didapatkan pihak industri. Sementara, investor mengartikan bahwa tujuannya berkenaan manfaat seperti apa yang didapatkan jika menyatu dengan dunia penelitian di masa mendatang (Republika, 2016). Walaupun demikian tidak dapat ditolak realitas bahwa motivasi utama dari industri adalah keuntungan sebesar-besarnya, sehingga industri akan memilih hasil riset yang murah tapi memberi keuntungan sebesar-besarnya.

PERAN PT LEN INDUSTRI (PERSERO) DALAM MEMBANGUN SINERGI DENGAN LEMBAGA PENDIDIKAN DAN RISET

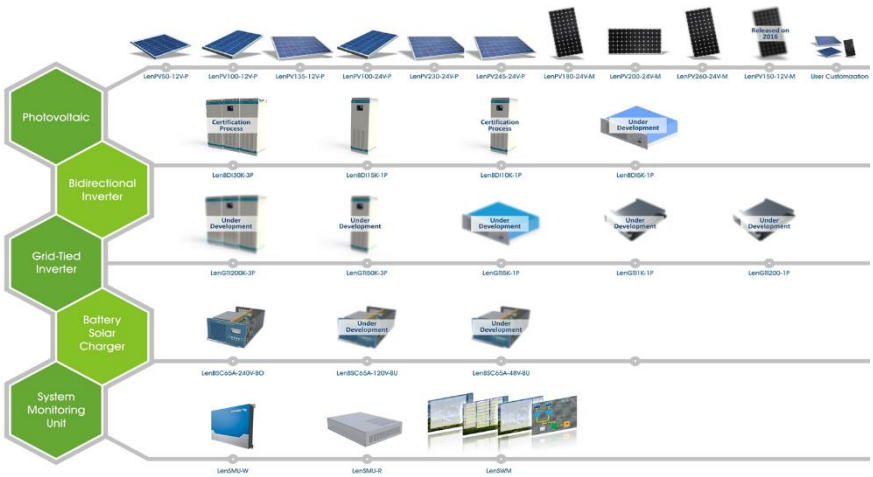
PT Len Industri (Persero) adalah entitas industri/bisnis 100% milik negara yang lahir dari entitas penelitian. Pada tahun 1991, PT Len lahir sebagai pemisahan salah satu unit penelitian LIPI yaitu Lembaga Elektroteknik Nasional menjadi industri strategis yang mendukung pembangunan strategis nasional. Walaupun sudah menjadi entitas bisnis di dalam perjalanannya Riset dan Pengembangan masih menjadi salah satu kekuatan inti dari perusahaan ini.

Produk-produk hasil riset baik yang dilakukan sendiri maupun dikembangkan dengan dunia pendidikan dan lembaga riset pemerintah, menjadi pendukung utama bisnis perusahaan. Produk-produk utama dari PT Len Industri terbagi atas empat jalur bisnis, yaitu; Sistim Transportasi, Teknologi Informasi Komunikasi dan Navigasi, Elektronika Pertahanan dan Produk Energi. Kerjasama riset dan pengembangan selama ini sudah dilakukan baik dengan universitas/lembaga pendidikan dan pemerintah antara lain, ITB, LIPI, BPPT, Unhan, dll. Contoh bentuk-bentuk kerjasama tersebut adalah; Dengan ITB, ada beberapa item kerjasama yaitu 1) Pertukaran tenaga ahli, 2) Pendidikan dan pelatihan, 3) Pertukanan informasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 4) Kegiatan penelitian dan pengembangan. Dengan BPPT ada beberapa kerjasama yang telah dilakukan diantaranya riset pengembangan produk Mobil Listrik, Computer Base Interlocking System (Sistim Pengaturan Kereta Api), Radar dll.

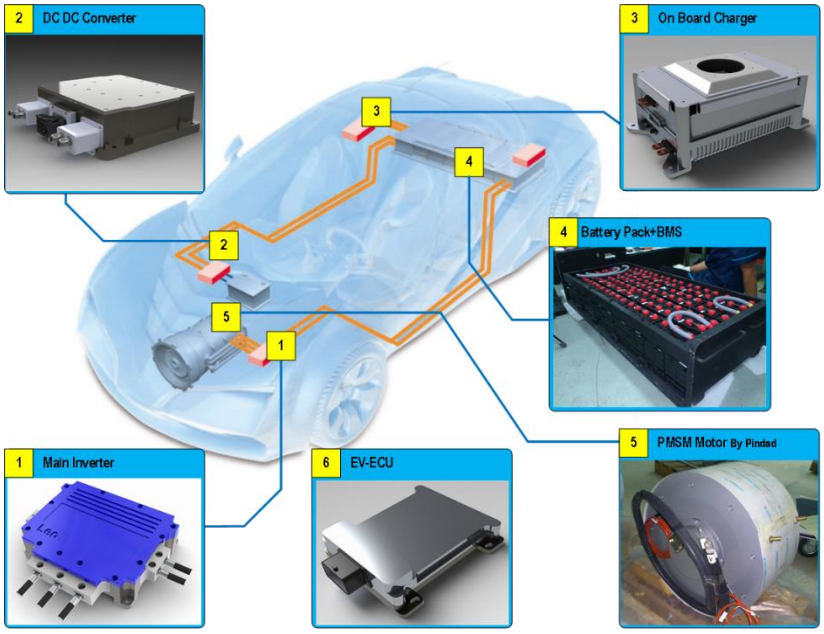
Secara garis besar usaha PT Len Industri didalam penguasaan teknologi melalui tahapan-tahapan sebagai berikut;

- Tahap Pembelajaran ; Meliputi usaha untuk pembelajaran pengetahuan dasar, ikut dalam project EPC, pengalaman troubleshooting di lapangan, pembelajaran pengetahuan produksi.
- Tahap Pengembangan Produk; Meliputi usaha penyusunan dokumen desain, melakukan desaindetail produk, pengadaan komponen, assembling prototype, pengetesan, sertifikasi.
- Tahapan Manufaktur; Meliputi usaha uji coba produk, uji lapangan, produksi masal

Adapun beberapa contoh produk-produk hasil riset PT Len dapat dilihat dari gambar-gambar berikut;



Gambar 2. Produk-produk EBT



Gambar 3. Produk Mobil Listrik

DAFTAR PUSTAKA

Detik.com (2015), Diunduh dari https://us.images.detik.com/albums/detikfinance/InfrastrukturJokowi_Infografis_Detikfinance.jpg

Kementrian Perdagangan; KESIAPAN SEKTOR JASA KONSTRUKSI NASIONAL MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN (MEA) 2015;

Direktorat Perundingan Perdagangan Jasa Direktorat Jenderal Kerja Sama Perdagangan Internasiaonal Kementerian Perdagangan Tahun 2015

Republika (2016), Menyinergikan Penelitian dan.Industri Diunduh dari http://www.republika.co.id/berita/koran/podium/16/04/27/o6abo617-menyinergikan-penelitian-dan-industri

POSISI DAN PERAN BIDANG KETENAGALISTRIKAN DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Warsono
Kepala Divisi Engineering & Perencanaan PT PLN (Persero) Pusat Jakarta

ABSTRAK

Indonesia telah menjadi salah satu kekuatan ekonomi yang besar dan disegani di dunia, sehingga menjadi salah satu anggota G20. Pertumbuhan ekonomi Indonesia yang cukup konsisten tinggi ini didukung oleh semua sektor pembangunan, namun industri nasional menjadi tulang punggung. Dalam mendukung pembangunan tersebut, harus didukung sektor ketenagalistrikan yang memadai, berkualitas, andal, dan berlanjutan. Peran bidang ketenagalistrikan juga diperlukan di semua tahap kegiatan industri mulai dari inisiasi, pembangunan, operasi, pemeliharaan, hingga proses disposal.

Aspek keberlanjutan dalam pembangunan industri, setidaknya harus didukung oleh : 1) Kemandirian sumber daya, 2) Kekuatan industri dalam negeri, 3) Kemandirian SDM, terutama dalam bidang teknologi & enjiniring, dan 4) Kelestarian lingkungan. Untuk bisa memenuhi ke-4 hal tersebut di atas, maka komitmen & sinergi dari semua *stake holder* menjadi kuncinya.

Lembaga Pendidikan, sebagai lembaga yang menyiapkan SDM ke depan, perlu selalu melakukan *re-inventing* dan penyegaran sistem dan materi pembelajaran, mengingat tantangan dan perkembangan dunia industri berkembang sangat cepat. Kompetensi SDM yang disiapkan tidak hanya meliputi kompetensi teknis atau kompetensi bidang yang bersifat *hard skill*, tapi juga *soft skill*. Diantara kompetensi *soft skill* yang perlu dibangun adalah*: leadership, customer focus, learning adaptation, & innovation*.
Kata Kunci: SDM, *hard skill, soft skill*

ABSTRACT

Indonesia has become one of the great and respected economic forces in the world, becoming one of the G20 members. Indonesia's consistently high economic growth is supported by all sectors of development, but the national industry becomes the backbone. In support of the development, it should be supported by the electricity sector that is adequate, qualified, reliable, and continuous. The role of the electricity sector is also required at all stages of industrial activity from initiation, development, operation, maintenance, to disposal processes.

Aspects of sustainability in industrial development must be supported by: 1) Independence of resources, 2) Strength of domestic industry, 3) Human resource independence, especially in technology & engineering, and 4) Environmental sustainability. To be able to meet all four of the above, the commitment & synergy of all stake holders become the key.

Educational Institutions, as an institution preparing human resources in the future, need to always re-inventing and refreshing the system and learning materials, given the challenges and developments of the industrial world is growing very fast. The prepared human resources competence includes not only technical competence or hard skills, but also soft skill. Among the soft skill competencies that need to be built are: leadership, customer focus, learning adaptation, & innovation.

Keywords: *HR, hard skills, soft skills*

PENDAHULUAN

Indonesia telah menjadi salah satu kekuatan ekonomi yang besar dan disegani di dunia, sehingga menjadi salah satu anggota g20. Hal ini merupakan hasil dari pertumbuhan ekonomi indonesia yang cukup konsisten tinggi selama beberapa dekade. Outlook ekonomi ke depan juga memiliki potensi yang menjanjikan. Hasil studi mckinsey (2012) memprediksi

bahwa jika trend ini bisa dipertahankan, maka indonesia berpotensi menjadi kekuatan ekonomi ke-7 di dunia pada 2030.

Di antara sektor yang menopang pertumbuhan ekonomi, sektor industri nasional merupakan sector yang sangat strategis, dan menjadi tulang punggung. Hal ini terutama dikarenakan sector industri ini memiliki multiplier effects yang cukup besar, terutama dalam menyerap tenaga kerja, tumbuhnya ekonomi lokal, maupun menghidupkan industri dan jasa pendukung terkait, seperti supply chain, dan transportasi.

PERAN INDUSTRI KETENAGALISTRIKAN DALAM PEMBANGUNAN NASIONAL

Guna mendukung pertumbuhan yang tinggi, maka diperlukan infrastruktur ketenagalistrikan yang memadai, berkualitas, andal dan berlanjutan. Karena itu, pemerintah menugaskan PLN untuk melaksanakan tentang Program Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan (PIK) sesuai Perpres No 4/2016, yang dikenal dengan Program 35.000 MW.

Program 35.000 MW, selain untuk penyediaan kebutuhan tenaga listrik, memberi *multiplier effect* yang sangat besar bagi ekonomi nasional. *Pertama*, dari skala ekonomi yang Program 35.000 MW cukup besar karena diperkirakan memerlukan kebutuhan investasi sekitar 72 MUSD. *Kedua*, penyerapan tenaga kerja akan menyerap sekitar 600 ribu tenaga kerja langsung dan 2-3 juta tenaga kerja tak langsung. *Ketiga*, industri yang terlibat langsung meliputi sektor konstruksi, manufaktur, dan berbagai jasa, akan bias tumbuh. *Keempat*, diharapkan program itu juga bias meningkatkan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) sekitar 40%.

Selain pada saat saat pembanguan konstruksi, sektor ketenagalistrikan, juga memiliki peran ekonomi yang cukup besar, baik pada saat operasi, pemeliharaan, hingga proses disposal. Kesemua kegiatan tersebut juga meliputi berbagai aspek ekonomi, baik tenaga kerja maupun berbagai barang dan jasa sektor industri *supply chain* seperti: bahan bakar, material pemeliharaan, material kerja, transportasi, dll.

Pelayanan kelistrikan juga sangat mendukung kemudahan dalam melakukan bisnis, karena itu pelayanan kelistrikan (*getting electricity*) menjadi salah satu indicator dari tingkat kemudahan berusaha (*ease of doing business*) di suatu Negara. World Bank secara berkala melakukan survey *ease of doing business* ini, dan hasilnya menunjukkan peningkatan secara konsisten dari tahun ke tahun. *Getting electricity* merupakan indicator yang memberi kontribusi perbaikan yang paling signifikan.

Tabel 1.

Subject	2014 Rank	2015 Rank	2016 Rank	2017 Rank
Starting a Business	158	163	167	151
Dealing with Construction Permits	150	110	113	116
Getting Electricity	101	45	61	49
Registering Property	112	131	123	118
Getting Credit	67	71	70	62
Protecting Minority Investors	43	87	69	70
Paying Taxes	158	160	115	104
Trading Across Borders	61	104	113	108
Enforcing Contracts	171	170	171	166
Resolving Insolvency	71	73	74	76
Overall			**106**	**91**

PENTINGNYA PEMBANGUNAN INDUSTRI KETENAGALISTRIKAN YANG BERKELANJUTAN

Dengan semakin majunya masyarakat, kebutuhan terhadap energy listrik diperkirakan akan semakin besar, di masa yang akan datang. Karena itu, Industri ketenagalistrikan harus dibangun dan dilaksanakan dengan memperhatikan aspek berkelanjutan (*sustainability*). Tanpa aspek keberlanjutan itu, maka di masa yang akan datang kebutuhan energi listrik akan kekurangan. Aspek keberlanjutan dalam pembangunan industri ketenagalistrikan, setidaknya harus didukung oleh 4 faktor, yaitu:

1. Kemandirian sumber daya

   Sumber daya yang sangat dibutuhkan dalam industry kelistrikan adalah:

   a. Energy primer, sebagai sumber energy untuk menghasilkan listrik
   b. Bahan baku bagi industry untuk menghasilkan peralatan listrik

   Kedua sumber daya tersebut sangat mempengaruhi pasokan listrik, karena itu kemandirian dalam sumber daya ini sangat penting. Energi primer merupakan komponen utama biaya produksi listrik, maka kemandirian energy primer akan berpengaruh kepada tariff listrik dan kepastian penyediaan ke depan. Sedang ketersediaan bahan baku bagi industry lebih terkait kepada kepastian peralatan-peralatan listrik bisa mensuplai instalasi listrik.
2. Kekuatan industri dalam negeri

   Industri dalam negeri pendukung kelistrikan juga sangat penting, sehingga kita tidak tergantung kepada Negara asing. Berbagai aturan terkait preferensi penggunaan produksi dalam negeri sangat perlu ditingkatkan dan diterapkan secara konsisten.
3. Kemandirian SDM

   Faktor SDM juga juga menjadi tulang punggung dalam menggerakkan industry ketenagalistrikan, baik industry penyedia maupun industry penunjang. Kompetensi dan jumlah SDM, terutama tenaga enginer sangat dibutuhkan ke depan.
4. *Kelestarian* lingkungan.

   Dalam menjalankan usahanya, tentu usaha kelistrikan juga harus menjamin kelestarian lingkungan, karena tanpa dukungan kelestarian lingkungan industry kelistrikan juga tidak bisa berkesinambungan.

Untuk bisa memenuhi ke-4 hal tersebut di atas, maka komitmen & sinergi dari semua *stake holder* menjadi kuncinya.

TREN DAN TANTANGAN BIDANG KETENAGALISTRIKAN KE DEPAN

Tantangan dalam pengembangan tenaga listrik ke depan dalam mendukung pertumbuhan beban dan memenuhi kebutuhan pelanggan yang semakin tinggi, meliputi:

a. Masalah Regulasi
b. Energi Primer
c. Biaya vs Tarif
d. Kebutuhan Pendanaan
e. Efficiency & reliability of Supply
f. SDM

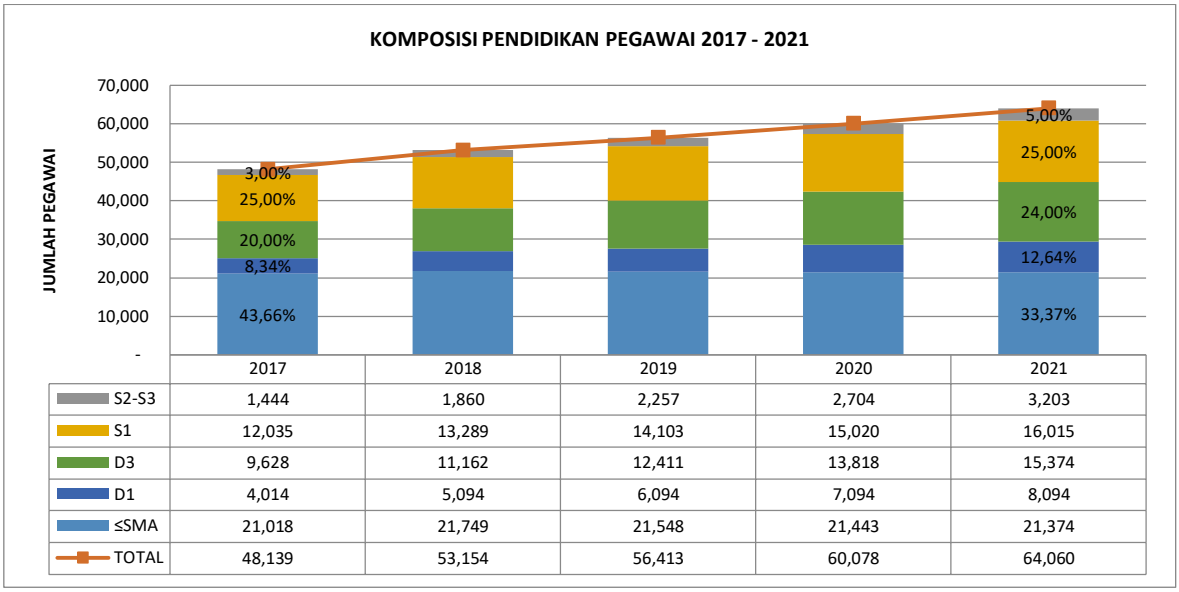
Seiring dengan perubahan teknologi & pola hidupa masyarakat, tren di industri ketenagalistrikan, meliputi:

a. Renewable Energy
b. Advanced & Clean Technology
c. Distributed Generation
d. Smart Grid
e. Energy Storage
f. Electric Vehicles

Peran Pendidikan Ketenagalistrikan dalam Pembangunan Berkelanjutan

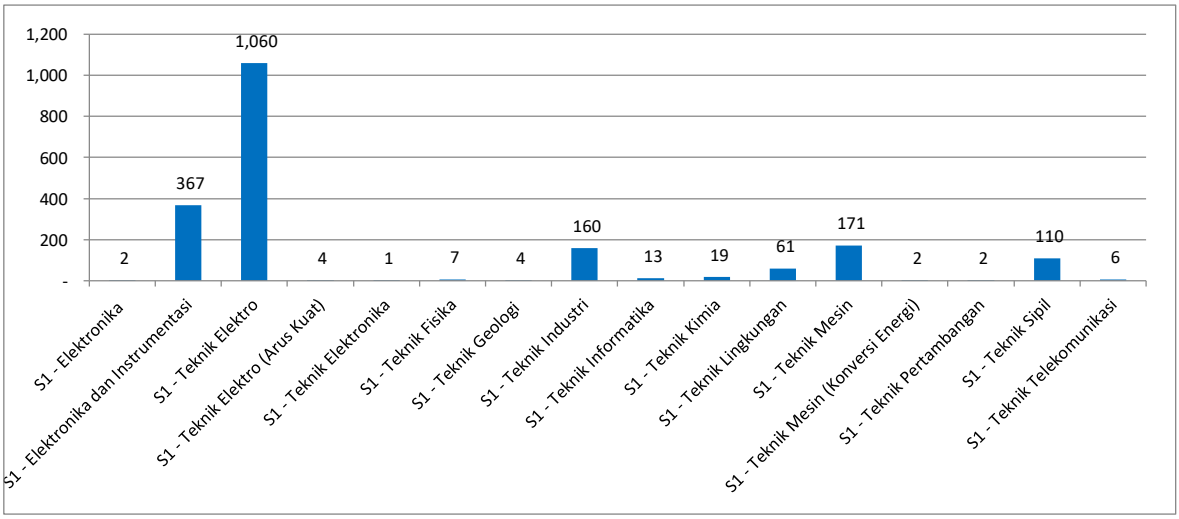
Untuk menghadapi tantangan tersebut di atas, maka penyiapan SDM merupakan hal

kunci. Kebutuhan SDM yang kompeten akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada grafik kebutuhan SDM di PLN di bawah.

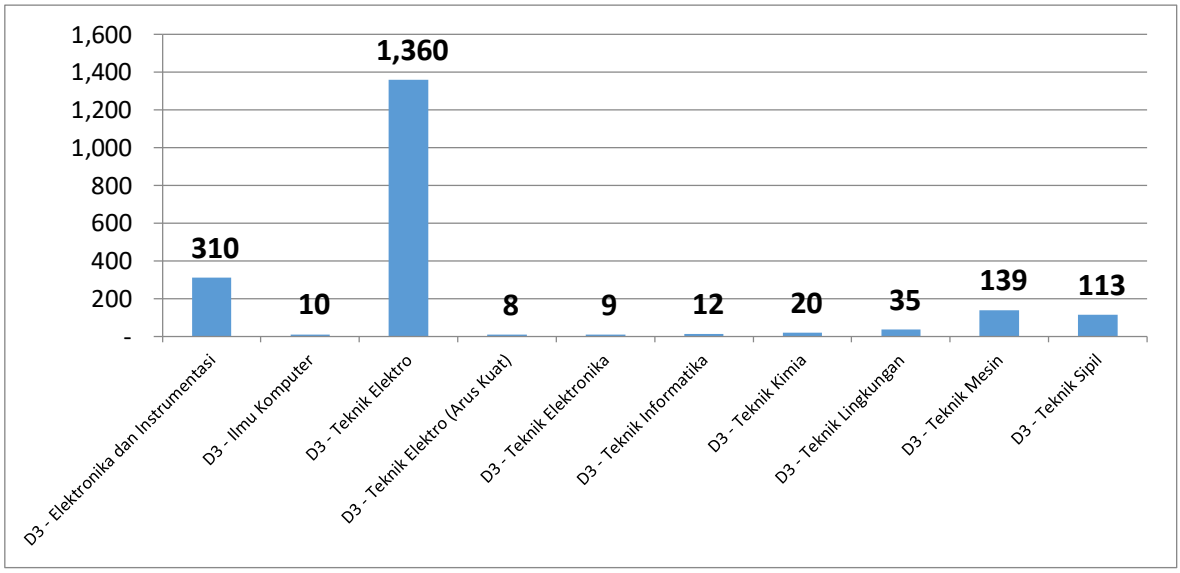


	2017	2018	2019	2020	2021
S2-S3	1,444	1,860	2,257	2,704	3,203
S1	12,035	13,289	14,103	15,020	16,015
D3	9,628	11,162	12,411	13,818	15,374
D1	4,014	5,094	6,094	7,094	8,094
≤SMA	21,018	21,749	21,548	21,443	21,374
TOTAL	48,139	53,154	56,413	60,078	64,060

Gambar 1. Perencanaan SDM PLN 2017-2021



Gambar 2. Proyeksi Kebutuhan SDM 2018 (Pendidikan S1 Teknik)



Gambar 3.Proyeksi Kebutuhan SDM PLN 2018 (Pendidikan D3 Teknik)

Lembaga Pendidikan, sebagai lembaga yang menyiapkan SDM ke depan, perlu selalu melakukan *re-inventing* dan penyegaran sistem dan materi pembelajaran, mengingat tantangan dan perkembangan dunia industri berkembang sangat cepat. Kompetensi SDM yang disiapkan tidak hanya meliputi kompetensi teknis atau kompetensi bidang yang bersifat *hard skill*, tapi juga *soft skill.* Diantara kompetensi soft skill yang perlu dibangun adalah*: leadership, customer focus, learning adaptation, & innovation.*

ANALISIS KEBUTUHAN PADA PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN GURU SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI BERBASIS *MOBILE APPLICATION*

Soeharto[1], Ariadie Chandra Nugraha[2], Muhammad Ali[3], dan Sukir[4]
[1, 2, 3, 4] Dosen P.T. Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: [1]soeharto@uny.ac.id, [2]ariadie@uny.ac.id,
[3]muhammadali@uny.ac.id, dan [4]sukir@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan analisis kebutuhan pada pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) guru Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menggunakan sistem informasi berbasis mobile application. Jenis penelitian ini adalah survey. Pengumpulan data dilakukan dengan angket dan wawancara melalui telepon, menggunakan instrumen kuisioner dan panduan wawancara. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada PKB guru SMK, kebutuhan yang masuk dalam kategori sangat diperlukan, yaitu: (1) PKB guru melalui sistem informasi berbasis mobile application dengan menggunakan android; (2) sistem informasi yang dikembangkan mempunyai fasilitas uraian materi PKB, soal latihan dan jawaban, dan forum diskusi secara interaktif; (3) PKB yang dikembangkan tersebut bermitra dengan Musyawarah Guru Mata Pelajaran; (4) PKB guru berupa pengembangan diri yang meliputi penelitian tindakan kelas, karya tulis ilmiah, peraturan pendukung PKB, dan uji kompetensi guru.

Kata Kunci: Analisis Kebutuhan, Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan, *Mobile Application.*

ABSTRACT

This study was aimed to produce needs assesment on continuing professional development (CPD) of Vocational High School (VHS) teachers used mobile application-based information system. The study was survey, data were collected using questionnaire and interview guides by phones, and analyzed quantitatively using descreptive statistic. Findings of the study showed that CPD of VHS teachers was very needed: (1) CPD of VHS teachers used android mobile application-based Information System (2) the information system had the facilities descriptions of CPD materials, exercises and answers, and interactive discussion forums; (3) CPD developed in partnership with The Subjects Teachers Congress (Musyawarah Guru Mata Pelajaran); (4) materials of CPD included class action research, article of journal , supporters regulation of CPD, and teacher competency test.

***Keywords**: Needs Assesment, Continuing Professional Development, Mobile Application.*

PENDAHULUAN

Undang-Undang No. 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen (UUGD), merupakan upaya untuk intervensi langsung guna meningkatkan kompetensi guru lewat kebijakan keharusan guru memiliki sertifikat profesi.Untuk dapat menetapkan bahwa seorang guru sudah memenuhi standar profesional, maka guru harus lulus uji kompetensi melalui program sertifikasi guru, sehingga mendapatkan sertifikat pendidik dan sebutan guru profesional serta tunjangan profesi setiap bulannya.Guru professional yang ditandai dengan perolehan sertifikat pendidik, seharusnya memiliki kompetensi dan kinerja yang baik.Namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa belum keseluruhan guru pemegang sertifikat pendidik memiliki kompetensi dan kinerja yang baik.Hal ini ditunjukkan pada ujian kompetensi guru (UKG) bagi guru yang telah memperoleh sertifikat pendidik untuk seluruh jenjang pendidikan di seluruh propinsi di Indonesia, yang diselenggarakan pada bulan November 2015, ternyata diperoleh nilai rata – rata sebesar 53,05 (http://ukg.kemdikbud.go.id.). Nilai rata-rata

uji kompetensi guru tersebut tertinggal jauh dari nilai persyaratan lulus dalam uji kompetensi yaitu minimal 70,00. Kenyataan termasuk di dalamnya adalah guru SMK, sebagian besarnya belum memiliki kompetensi sesuai dengan standar. Guru yang telah memperoleh sertifikat pendidik namun belum menunjukkan kompetensi dan kinerja yang baik, salah satu penyebabnya adalah guru belum mau mengembangkan keprofesiannya.

Sebagai konsekuensi logis dari guru sebagai tenaga profesional, seharusnya guru senantiasa meningkatkan keprofesiannya. Aktivitas pengembangan keprofesian guru harus bersifat terus-menerus, tiada henti, dan tidak ada titik puncak kemampuan profesional yang benar-benar final. Di sinilah esensi bahwa guru harus menjalani proses pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) atau c*ontinuing professional development* (CPD). Pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru telah dituangkan dalam bentuk payung hukum yaitu Peraturan MENPAN dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya yang diberlakukan mulai tahun 2013. Pada Bab V, pasal 11, ayat c, dari peraturan tersebut disebutkan bahwa secara garis besar pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) bagi guru mencakup tiga unsur utama, yaitu: pengembangan diri, publikasi ilmiah, dan karya inovatif.

Berdasarkan studi awal berupa observasi di lapangan dan wawancara terhadap beberapa guru SMK Negeri 1 Sedayu, Bantul, SMK Negeri 2 Wonosari, Gunung Kidul, dan SMK Negeri 2 Pengasih, Kulon Progo, menunjukkan bahwa selama ini, pengembangan keprofesian guru SMK masih bersifat parsial, belum menunjukkan keberlanjutan, dan belum memperlihatkan keoptimalan. Hal ini ditunjukkan antara lain: (1) Pelatihan fungsional guru SMK yang diselenggarakan oleh Badan diklat di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti P3GT dan VEDC, sangat terbatas dan tidak bisa menjangkau ini memberikan gambaran bahwa guru yang telah mendapat predikat profesional yang ditandai perolehan sertifikat pendidik, keseluruhan guru karena keterbatasan dana, lembaga diklat, instruktur, dan sarana dan parasarana; (2) Pelatihan fungsional guru SMK tersebut dinilai tidak bersifat kontinyu, tetapi terpotong-potong dengan materi yang terkadang kurang relevan dengan keahlian guru yang mengikuti diklat; (3) Masih cukup banyak guru SMK yang enggan mengikuti diklat fungsional jika harus membayar secara pribadi; (4) Masih jarang guru SMK yang melakukan penelitian tindakan kelas, *lesson study*, mempresentasikan karya ilmiah di forum ilmiah, menulis artikel di jurnal ilmiah, menciptakan teknologi tepat guna, karya seni, dan pembuatan peralatan praktik, padahal kegiatan tersebut sudah sangat dibutuhkan sebagai syarat untuk naik pangkat mulai dari golongan III/b ke III/c. Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application*, sehingga dapat diharapkan terwujud guru yang senantiasa profesional.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimanakah kebutuhan pada pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application*? Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kebutuhan pada pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application*. Manfaat penelitian ini diantaranya adalah: (1) Melalui analisisi kebutuhan pada pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengembangkan PKB guru SMK menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* yang tepat sesuai dengan yang dibutuhkan bagi guru; dan (2) pengembangan PKB guru menggunakan

sistem informasi berbasis *mobile application*, akan berdampak positif pada peningkatan motivasi, semangat, dan rasa senang bagi guru dalam mengikuti pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Kontribusi penelitian ini terhadap ilmu pengetahuan yaitu bahwa pengembangan keprofesian guru SMK selama ini belum kontinyu, masih parsial, belum optimal dan umumnya dilaksanakan dalam bentuk pelatihan di lembaga diklat di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Lembaga diklat bagi guru SMK yang berada di Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan memiliki keterbatasan dalam hal jumlah lembaga diklat, instruktur, pendanaan, sarana dan prasarana, sehingga cakupan guru yang berkesempatan mengikuti diklat juga terbatas. Inovasi yang ditargetkan dari penelitian ini adalah pengembangan keprofesian guru SMK dikembangkan secara berkelanjutan dan terstruktur serta dilaksanakan menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* yang bisa dibawa kemana-mana, sehingga semua guru SMK dapat mengikutinya dengan mudah, nyaman, sesuai dengan selera, tanpa dibatasi oleh jumlah guru, tempat, jarak dan waktu yang dimiliki guru. Penelitian ini dilakukan dengan mitra MGMP sehingga pengurus MGMP akan senantiasa memberikan informasi, arahan, dan mengorganisir para anggotanya dalam memanfaatkan hasil penelitian berupa pengembangan keprofeisan berkelanjutan guru menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application*. Dengan demikian dapat diharapkan implemenetasi hasil penelitian ini di lapangan dapat terjaga secara kontinyu, sehingga guru akan senantiasa menjadi guru yang profesional yang pada gilirannya mampu mendidik para siswanya menjadi sumber daya manusia Indonesia yang unggul dan memiliki daya saing tinggi.

Pengembangan keprofesian berkelanjutan atau *continuing professional development* (CPD) diperkenalkan pertama kali oleh Richard Gardner pada pertengahan tahun 1970. Pengembangan keprofesian berkelanjutan merupakan upaya untuk melakukan perbaikan pengetahuan dan keterampilan professional secara terus menerus di luar pelatihan dasar awal yang diperlukan dalam melaksanakan pekerjaan. Dalam bidang pengajaran, pengembangan tersebut merupakan pelatihan dalam jabatan (*in-service training*). Dalam perkembangannya, pengembangan keprofesian berkelanjutan tanggungjawabnya bergeser dari penyelenggara sekolah dan guru menjadi individual. Hal ini berarti, saat ini individu bertanggungjawab untuk pengembangan keprofesiannya sepanjang kariernya (Gray, 2005:5). Pendapat lain diberikan oleh Ifl dalam Scales, et. al. (2011: 3) yang menyatakan bahwa pengembangan keprofesian berkelanjutan guru (*continuing professional development*) adalah upaya untuk memelihara, meningkatkan dan memperluas pengetahuan dan keterampilan yang relevan dengan keahlian guru sehingga berdampak positif pada praktik dan pengalaman pembelajaran. Lebih lanjut Stenhouse dalam Scales, et.al. (2011: 3) menyebutkan bahwa karakteristik luar biasa dari pengembangan keprofesian berkelanjutan adalah adanya kapasitas profesional otonom bagi guru untuk mengembangkan diri melalui sistem belajar mandiri, magang, penelitiian tindakan kelas dan sebagainya. Berdasarkan pendapat-pendapat diatas dapat dikatakan bahwa pengembangan keprofesian berkelanjutan merupakan kegiatan yang dilakukan guru untuk memelihara, meningkatkan dan memperbaharui kompetensi guru secara berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas pengerjaan tugas guru.

Rose dan Reynold (2010: 219) menyatakan bahwa CPD dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tipe, yaitu: (1). pengajaran langsung, seperti kursus, pelatihan, dan workshop; (2) pembelajaran di sekolah, seperti *peer coaching*, kritik teman sejawat, mentoring, penelitian tindakan kelas, dan team teaching; dan (3) pembelajaran di luar kelas seperti, pemanfaatan jaringan kerja sama,

kunjungan ke sekolah lain, kegiatan antar sekolah, dan sebagainya. Lain halnya dengan Kennedy (2005: 235), CPD dibagi menjadi sembilan model, antara lain: (1) model pelatihan; (2) model *award beering*; (3) model *defecit*; (4) model tangga; (5) model berbasis standar; (6) model choaching/mentoring; (7) model praktik bersama; (8) model penelitian tindakan kelas; dan (9) model transformatif.

Pada Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009, Bab V, pasal 11, ayat c berisi bahwa pengembangan keprofesian berkelanjutan secara garis besar meliputi tiga kegiatan yaitu pengembangan diri, publikasi ilmiah, dan karya inovatif. Komponen yang terdapat dalam kegiatan pengembangan diri yaitu: (1) pendidikan dan latihan fungsional; dan (2) kegiatan kolektif guru yang meningkatkan kompetensi dan atau keprofesian guru. Komponen kegiatan publikasi ilmiah antara lain mencakup: (1) publikasi ilmiah atas hasil penelitian atau gagasan inovatif pada bidang pendidikan formal; dan (2) publikasi buku teks pelajaran, buku pengayaan dan buku pedoman guru. Pada kegiatan karya inovatif terdiri atas beberapa komponen, yaitu: (1) menemukan teknologi tepat guna; (2) menemukan atau menciptakan karya seni; (3) membuat atau memodifikasi alat pelajaran atau alat peraga atau alat praktikum; dan (4) mengikuti pengembangan penyusunan, pedoman, soal dan sejenisnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Opfer dan Pedder (2010: 428) tentang manfaat, status dan efektivitas CPD antara lain menyimpulkan: (1) guru yang melakukan pengembangan keprofesian melalui seminar dan workshop yang tidak jelas fokusnya ternyata kurang dirasakan manfaatnya; (2) CPD mempunyai manfaat lebih besar terutama melalui pembelajaran seperti kursus atau pelatihan; (3) manfaat bagi guru dalam mengikuti CPD antara lain kemampuan untuk bekerjasama dengan teman sejawat dan memperoleh informasi baru, namun tingkat kebermanfaat antar guru berbeda secara signifikan. Berbeda dengan penelitian Opfer dan Pedder tersebut, penelitian tentang persepsi guru terhadap nilai CPD di Afrika Selatan yang dilakukan oleh Lessing dan Witt (2007: 53-67) menunjukkan hasil antara lain: (1) menurut pendapat guru kegiatan lokakarya atau workshop memberikan nilai tambah bagi guru, karena melalui lokakarya atau workshop dapat membantu meningkatkan pengetahuan, menambah semangat dalam bekerja, menambah efisiensi dalam bekerja dan memotivasi kebiasaan mengajar yang lebih baik; dan (2) melalui loka karya atau workshop guru menilai sangat baik untuk memutakhirkan pengetahuan dan memberikan inspirasi dalam memajukan pengajaran di sekolah. Tampaknya penelitian tersebut memberikan hasil yang berbeda dengan penelitian Opfer dan Pedder. Hal ini kemungkinan karena kedua penelitian dilakukan pada negara yang sangat berbeda, penelitian tersebut dilakukan di Afrika selatan yang termasuk dalam negara berkembang, sedangkan penelitian Opfer dan Pedder dilakukan di Inggris yang termasuk negara maju.

Penelitian yang dilakukan oleh Ono dan Ferreira (2010: 12) tentang studi kasus CPD melalui *lesson study* di Afrika Selatan menunjukkan bahwa para guru yang terlibat dalam *lesson study* di Mpumalanga dapat meningkat pengetahuan dan keterampilan dalam pengajarannya. Namun para guru belum yakin tentang kemudahan implementasi lesson study di seluruh Afrika Selatan. Penelitian lain dilakukan oleh Seezink dan Poell (2010: 455) tentang Kebutuhan CPD bagi guru pada pendidikan kejuruan berbasis kompetensi di Netherlands, menunjukkan bahwa guru secara individu belajar untuk meningkatkan pengetahuannya akan memiliki kreatifitas atau ide-ide baru dalam pengajaran.

Penelitian yang dilakukan oleh Phillips (2011:1) tentang pengembangan keprofesian sebagai komponen kritis pada kualitas guru berkelanjutan menunjukkan hasil bahwa pengembangan keprofesian adalah penting untuk meningkatkan dan menjaga

kualitas guru dan dampaknya dapat meningkatkan pembelajaran di dalam kelas. Penelitian yang dilakukan oleh Thurston, et.al. (2012: 1) tentang pengaruh pengembangan keprofesian berkelanjutan guru pada kelompok praktek kerja di sekolah dasar di Scotlandia ternyata menghasilkan bahwa pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru memilki dampak yang signifikan terhadap pencapaian kompetensi siswa. Penelitian-penelitian tersebut juga memberikan fakta bahwa pengembangan keprofesian guru memiliki andil yang baik dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang sistem informasi, saat ini sedang berkembang sistem informasi berbasis *mobile application*. Sistem informasi berbasis *mobile application* merupakan sistem informasi yang berlandaskan pada penggunaan perangkat lunak yang dirancang untuk berjalan pada perangkat *mobile*, seperti smartphone atau komputer tablet. Penelitian yang berkaitan dengan sistem informasi berbasis mobile application, dilakukan oleh Gao, Krogstie & Siau (2014: 147) tentang "*Adoption of mobile information services: An empirical study*", yang menyatakan bahwa penelitian tersebut mengkaji penerapan layanan informasi mobile di sebuah universitas Norwegia, yang disebut sebagai *mobile services acceptance model* (MSAM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa MSAM berkinerja baik. Selain itu faktor-faktor yang berpengaruh kuat terhadap penggunaan MSAM adalah inisiatif dan karakter pribadi pengguna. Penelitian yang lain dilakukan oleh Chiang, Yang, & Hwang (2014: 352) tentang "*An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities*", yang menunjukkan bahwa penerapan *An Augmented Reality-based Mobile Learning System* dapat meningkatkan prestasi belajar siswa . Selain itu ditemukan pula bahwa siswa yang belajar dengan menggunakan sistem pembelajaran tersebut mempunyai motivasi, perhatian, dan percaya diri yang lebih tinggi dari pada siswa yang belajar secara konvensional. Penelitian yang lain dilakukan oleh Lee, Han & Jeon (2014: 7) tentang "*Design of Small Sized Mobile Lecture Support System*" yang menunjukkan hasil antara lain: (1) sistem yang didesain dapat menyebabkan dosen dapat mengatur kuliah tanpa harus membawa *personel computer* atau laptop dan interaksi antara dosen dan mahasiswa terjadi dengan mudah; dan (2) mahasiswa dapat menggunakan sistem ini kapan saja dan di mana saja dengan memanfaatkan web browser di perangkat mobile dan interaksi antara dosen dan mahasiswa dapat dengan mudah terjadi. Mencermati ketiga penelitian tersebut, tampak bahwa penggunaan aplikasi yang termasuk dalam mobile application dapat memudahkan dan memperlancar kegiatan pendidikan. Ketiga penelitian tersebut berbeda dengan penelitian ini dalam hal obyek yang dikelola adalah bukan pengembangan keprofesian berkelanjutan guru.

Penelitian lain yang relevan dengan sistem informasi berbasis *mobile application*, diantaranya dilakukan oleh Kasahara, et.al. (2014: 1) tentang "*Evacuation support and safety confirmation sharing in disaster situations for school trips by mobile information system*". Penelitian tersebut menghasilan bahwa: (1) deskripsi dari sistem aplikasi mobile adalah untuk mengkonfirmasi keselamatan selama perjalanan sekolah dan berbagi informasi dengan orang-orang yang terkait; dan (2) sistem aplikasi mobile dapat memfasilitasi evakuasi secara cepat, menghemat waktu dan mengurangi kekhawatiran siswa tentang situasi. Penelitian lainnya dilakukan oleh Chakravarti & Bhattacharyya (2014: 1) tentang "*Mobile Based Clinical Decision Support System*" Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *mobile based clinical decision Support System* mempunyai kinerja yang baik. Selain itu dalam sistem tersebut terdapat arsitektur solusi yang digunakan untuk memenuhi penyedia

layanan dengan kontrol penuh dari data pasien yang dilengkapi dengan peringatan. Kedua penelitian tersebut berbeda dengan penelitian ini karena kedua penelitian tersebut bukan diimplementasikan dalam bidang pendidikan.

METODE

Jenis penelitian ini adalah survey. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu angket dan wawancara melalui telepon, menggunakan instrumen berupa kuisioner dan panduan wawancara. Validitas instrumen dilakukan dengan menggunakan *expert judgement*. Sebagai responden dalam penelitian ini adalah guru-guru SMK di tujuh SMK Negeri dan dua SMK swasta di Daerah Istimewa Yogyakarta, yang dipilih secara acak. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu pada hasil wawancara lewat telepon kepada guru-guru SMK khususnya pada Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta, maka dapat identifikasi permasalahan yang dihadapi guru-guru SMK dalam pengembangan keprofesian berkelanjutan yang selama ini terjadi, diantaranya adalah seperti berikut ini.

1. Implementasi pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru SMK belum ada, yang ada selama ini adalah pengembangan keprofesian guru yang bersifat insindental atau parsial.
2. Terdapat beberapa faktor-faktor yang menghambat implementasi pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru SMK, seperti kemampuan guru khususnya dalam penelitian, publikasi ilmiah dan karya inovasi dirasakan masih masih kurang, keterbatasan dana, motivasi para guru senior yang mendekati usia pensiun cenderung turun dan sebagainya.
3. Belum ada kejelasan tentang lembaga yang bertanggung jawab terhadap pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru SMK.
4. Pendidikan dan latihan fungsional guru yang diselenggarakan oleh Badan diklat di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti P3GT dan VEDC sangat terbatas dan tidak bisa menjangkau seluruh guru karena keterbatasan dana. Guru SMK yang dikirim mengikuti pelatihan fungsional umumnya guru yang memiliki hubungan yang dekat dengan pimpinan sekolah atau dinas pendidikan kabupaten atau kota.
5. Umumnya kompetensi yang dilatihkan kepada guru di lembaga diklat Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan adalah kompetensi profesional yaitu teknik listrik, jarang sekali diadakan pelatihan kompetensi pedagogik, sosial dan kepribadian.
6. Masih cukup banyak guru SMK yang enggan mengikuti diklat fungsional guru jika harus membayar secara pribadi, meskipun telah menerima tunjangan sertifikasi guru.
7. Pelatihan fungsinal guru SMK yang diadakan oleh badan diklat di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dinilai tidak bersifat kontinyu, tetapi terpotong-potong dengan materi yang terkadang kurang relevan dengan keahlian guru yang mengikuti diklat.
8. Bukti kegiatan pelatihan fungsional guru umumnya berupa sertifikat pelatihan yang menunjukkan keikutsertaan guru dalam pelatihan, bukan pada lulus ujian kompetensi yang dilatihkan.
9. Belum ada model pelatihan fungsional guru SMK yang bersifat kontinyu dan menyeluruh.
10. Kegiatan MGMP bagi guru SMK belum dapat berjalan dengan optimal.
11. Masih jarang guru SMK yang melakukan penelitian tindakan kelas, *lesson study*, mempresentasikan karya ilmiah di forum ilmiah, menulis artikel di jurnal ilmiah, menciptakan teknologi tepat guna, karya seni dan pembuatan peralatan praktik.

12. Kegiatan pengembangan profesional guru SMK lebih banyak untuk kepentingan kenaikan pangkat atau jabatan, belum sampai pada penjaminan mutu sertifikat kompetensi guru.
13. Hingga sekarang ini belum ada pola pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru SMK yang tepat untuk digunakan sebagai pedoman bagi guru dan instansi terkait dalam pemeliharaan dan peningkatan keprofesian guru.

Mengacu pada identifikasi permasalahan seperti tersebut di atas, maka dalam pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta dibutuhkan hal-hal seperti berikut ini.

1. Pengembangan keprofesian guru seharusnya tidak bersifat insindetal atau parsial tetapi harus berkelanjutan.
2. Dalam pengembangan keprofesian berkelanjutan guru, kebutuhan yang dirasakan urgen oleh guru SMK Program Keahlian Ketenagalistrikan di Daerah Istimewa Yogyakarta diantaranya adalah peningkatan kemampuan guru dalam hal penelitian tindakan kelas dan publikasi ilmiah. Kedua hal tersebut sangat diperlukan karena antara keduanya saling berkaitan erat, yaitu untuk bisa membuat publikasi ilmiah perlu didukung oleh adanya hasil penelitian tindakan kelas.
3. Pelaksanaan pengembangan keprofesian berkelanjutan guru tidak harus diselenggarakan secara langsung di kelas pada Badan diklat di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti P3GT dan VEDC, mengingat adanya berbagai keterbatasan dana, kesempatan dan dan tidak bisa menjangkau seluruh guru. Para guru SMK Program Keahlian Ketenagalistrikan di Daerah Istimewa Yogyakarta membutuhkan pengembangan keprofesian berkelanjutan lewat internet, sehingga semua guru dapat mengaksesnya tanpa dibatasi waktu, jumlah dan jarak.
4. Para guru membutuhkan bimbingan penelitian tindakan kelas dan publikasi ilmiah secara jarak jauh secara *on line*.
5. Agar pengembangan keprofesian berkelanjutan tersebut lebih menarik, lebih menyenangkan, lebih memudahkan dan dapat meningkatkan motivasi guru, maka para guru membutuhkan pengembangan keprofesian berkelanjutan secara interaktif.
6. Para guru membutuhkan pengembangan keprofesian berkelanjutan yang gratis atau berbiaya rendah.

Selain itu melalui penyebaran angket dan wawancara melalui telepon kepada guru-guru SMK khususnya pada Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta, diperoleh pula hal-hal yang berkaitan dengan kebutuhan PKB guru SMK, termasuk dalam hal ini tanggapan guru terhadap penawaran PKB guru berbasis *mobile application* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, menunjukkan bahwa PKB guru menggunakan modul untuk PKB jarak jauh ternyata masuk dalam kategori tidak dibutuhkan bagi guru, sedangkan PKB guru melalui tatap muka langsung ternyata berkategori kurang dibutuhkan bagi para guru. Pada PKB guru melalui sistem informasi berbasis web menggunakan komputer, masuk dalam kategori dibutuhkan bagi para guru SMK, sedangkan PKB guru menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* berupa androit ternyata masuk dalam kategori sangat dibutuhkan. Hal ini memberikan makna bahwa PKB guru yang paling dibutuhkan oleh guru-guru SMK adalah PKB guru menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* berupa androit.

Ketika para guru ditawari PKB guru menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application*, ternyata fasilitas yang ada pada sistem tersebut yang masuk dalam kategori sangat dibutuhkan adalah: paparan materi PKB, soal ujian atau latihan dan kunci jawaban, umpan balik, dan forum diskusi interaktif. Apabila ditinjau dari mitra kerja

dalam pelaksanaan PKB guru, ternyata yang masuk dalam kategori sangat dibutuhkan adalah PKB guru bermitra MGMP, sedangkan PKB guru bermitra SMK atau tanpa bermitra termasuk dalam kategori dibutuhkan.

Tabel 1. Kebutuhan PKB Guru SMK khususnya pada Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Daerah istimewa Yogyakarta

No.	Indikator	Item	Nilai (%)	Kategori
1.	Pelaksanaan PKB	Menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* berupa androit.	91,67	Sangat dibutuhkan.
		Menggunakan sistem informasi berbasis web menggunakan komputer.	80,55	Dibutuhkan.
		Menggunakan modul untuk PKB jarak jauh.	11,11	Tidak dibutuhkan.
		Pelatihan tatap muka langsung.	47,22	Kurang dibutuhkan.
2.	Fasilitas yang ada jika PKB menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application.*	Paparan materi PKB	100	Sangat dibutuhkan.
		Soal ujian atau latihan dan kunci jawaban.	83,33	Sangat dibutuhkan.
		Umpan balik	83,33	Sangat dibutuhkan.
		Forum diskusi interaktif	86,11	Sangat dibutuhkan.
3.	Mitra kerja sama dalam PKB.	Pelaksanaan PKB bermitra MGMP.	83,33	Sangat dibutuhkan.
		Pelaksanaan PKB bermitra sekolah (SMK).	75	Dibutuhkan.
		Pelaksanaan PKB tidak perlu bermitra.	77,78	Dibutuhkan.
4.	Materi pengembangan diri berupa pendidikan dan latihan fungsional dalam PKB.	Penelitian tindakan kelas	94,44	Sangat dibutuhkan.
		Lesson study	80,55	Dibutuhkan.
		Penelitian dan pengembangan.	80,55	Dibutuhkan.
		Penulisan artikel ilmiah.	100	Sangat dibutuhkan.
		Model pembelajaran	77,78	Dibutuhkan.
		Pendekatan pembelajaran	75	Dibutuhkan.
		Pelatihan bidang studi (bidang keahlian)	77,78	Dibutuhkan.
		Peraturan pendukung PKB	83,33	Sangat dibutuhkan.
		Uji kompetensi guru	86,11	Sangat dibutuhkan.

.

Jika ditelaah dari materi pengembangan diri berupa pendidikan dan latihan fungsional dalam PKB, ternyata materi yang masuk dalam kategori sangat dibutuhkan adalah penelitian tindakan kelas, penulisan artikel ilmiah, peraturan pendukung PKB, dan uji kompetensi guru. Materi PKB guru yang masuk dalam kategori dibutuhkan antara lain: *lesson study*, penelitian dan pengembangan, model pembelajaran, pendekatan pembelajaran, dan pelatihan bidang studi.

Apabila pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK menggunakan sistem informasi berbasis *mobile application* dapat terlaksana maka dapat diharapkan terwujudnya guru profesional yang senantiasa memelihara keprofesiannya dan tercipta kelancaran dan peningkatan karier bagi para guru. Secara jangka panjang hal ini dapat berdampak pada peningkatan kualitas pendidikan. Sudah barang tentu pendidikan yang berkualitas tidak hanya ditopang oleh guru yang profesional saja tetapi juga sangat membutuhkan dukungan kualitas standar pendidikan nasional yang lain, seperti: standar isi berkualitas, standar pendidik dan tenaga kependidikan berkualitas, standar proses berkualitas, standar sarana dan prasarana berkualitas, standar kompetensi lulusan berkualitas, standar pengelolaan berkualitas, standar pembiayaan berkualitas dan standar penilaian berkualitas.

SIMPULAN

Kebutuhan yang masuk dalam kategori sangat diperlukan pada pengembangan keprofesian berkelanjutan guru SMK, antara lain: (1) PKB guru melalui sistem informasi berbasis *mobile application* dengan menggunakan android; (2) sistem informasi yang dikembangkan mempunyai fasilitas uraian materi PKB guru, soal latihan dan jawaban, dan forum diskusi secara interaktif; (3) PKB guru yang dikembangkan tersebut bermitra dengan Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP); dan (4) PKB guru berupa pengembangan diri yang meliputi penelitian tindakan kelas, karya tulis ilmiah, peraturan pendukung PKB, dan uji kompetensi guru.

DAFTAR RUJUKAN

Chakravarti, B. & Bhattacharyya, S.B. (2014). Mobile Based Clinical Decision Support System. *Provider & Public Health Group, VBU-HLP Satyam Computer Services Limited.*

Chiang, T.H.C., Yang, S.J.H., & Hwang, G.J. (2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 352–365.

Gao, S., Krogstie, J., & Siau, K. (2014). Adoption of mobile information services: An empirical study. *Mobile Information Systems* 10 (2014) 147–171, DOI 10.3233/MIS-130176 IOS Press.

Gray, S.L. (2011). *An Enquiry Into Continuing Professional Development for Teachers.* Esmee Fairbairn: London.

Kasahara, at.al. (2014). *Evacuation support and safety confirmation sharing in disaster situations for school trips by mobile information system. Inf Technol Tourism.* (2014) 14:197–217, DOI 10.1007/s40558-014-0013-9.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Hasil Ujian Kompetensi Guru (UKG) diambil pada tanggal 25 Januari 2016 melalui http://ukg.kemdikbud.go.id.

Kennedy, A. (2005). Models of Continuing Professional Development: A framework for Analysis. *Journal of In-Service Education*, 31 (2), 235-250.

Lee, S., Han, T., & Jeon, Y. (2014). Design of Small Sized Mobile Lecture Support System. *Advanced Science and Technology Letters.* Vol.73 (FGCN 2014), pp.7-10.

Lessing, A. & Witt, M..d. (2012). The value of continuous professional development:teachers' perceptions. *South African Journal of Education* Vol

27, 53-67.

Ono, Y. & Ferreira, J. (2010). A case study of continuing teacher professional development through lesson study in South Africa. *South African Journal of Education*, vol 30, No. 1., 12.

Opfer, D. & Pedder, D. (2010). Benefits, status and effectiveness of Continuous Professional Development for teachers in England. *The Curriculum Journal Faculty of Education, University of Cambridge, Cambridge, UK*, 01 Desember 2010, 428.

Peraturan Menteri Pendayagunaan Apartur Negara dan Reformasi Birokrasi, Nomor 16, Tahun 2009.

Peter Scales, at. al. (2011). *Continuing Professional Developmentin The Lifelong Learning Sector*. New York: The McGraw-Hill Companies.

Phillips, P. (2011). Professional Development as a Critical Component of Continuing Teacher Quality. *Australian Journal of Teacher Education* Vol 33, 1, January 2011.

Rose, J. & Reynolds, D. (2010). *Teachers' Continuing Professional Develompment: A New Approach*. Annual World ICSEI: London.

Scales, P., at. al. (2011). *Continuing Professional Developmentin The Lifelong Learning Sector*. New York: The McGraw-Hill Companies.

Seezink, A., Poell, R.F. (2010). Continuing professional development needs of teachers in schools for competence-based vocational education: A case study from The Netherlands. *Journal of European Industrial Training*, Vol. 34 Iss: 5, pp.455 – 474.

Thurston, et.,al. (2008). Effects of continuing professional development on group work practices in Scottish primary schools. *Journal of In-service Education* (accepted for publication in second half of 2008).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Undang-Undang Guru dan Dosen.

PROFIL GURU BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

Istanto Wahyu Djatmiko[1], Sri Waluyanti[2], Thomas Sukardi[3], dan Lilik Chaerul Yuswono[4]
[1]Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
[1]Email: istanto_wj@uny.ac.id

ABSTRAK

Makalah ini merupakan sebagian dari hasil penelitian dengan tujuan untuk: (1) mengidentifikasi program dan kompetensi keahlian, (2) mengetahui latar belakang pendidikan dan lama kerja guru, (3) mengetahui profil sertifikat pendidikan guru, dan (4) mengetahui keahlian tambahan dan ganda guru pada Bidang Teknologi dan Rekayasa di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Penelitian dilaksanakan dengan pendekatan survei. Populasi dalam penelitian ini guru Bidang Teknologi dan Rekayasa SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta sebanyak 1025 orang dengan ukuran sampel sebanyak 280 orang yang ditentukan dengan rumus Krejcie dan Morgan. Distribusi sampel guru setiap SMK pada setiap kabupaten/kota dilakukan dengan teknik *proportional random sampling*. Data dikumpulkan dengan angket isian terbuka yang dikembangkan melalui *focus group discussion* dengan para pakar dan praktisi pendidikan. Data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian diketahui: (1) Teknik Otomotif merupakan program keahlian terbanyak (34,8%) dan program keahlian Geologi Pertambangan dan Geomatika terkecil (1,1%). Teknik Kendaraan Ringan merupakan kompetensi keahlian terbanyak (32,4%) dan terkecil (1,1%) Teknik Geomatika dan Geospasial; (2) Sebagian sebesar guru (75,3%) berpendidikan strata 1 (S1) dan sebagian kecil (6,0%) berpendidikan D-3 dengan lama kerja dominan antara 19-30 tahun sebanyak 40,1%; (3) Guru SMK sudah memperoleh sertifikat guru melalui jalur PLPG sebanyak 33,0% dan portofolio sebanyak 36,8%, dan (4) Keahlian tambahan yang diperoleh guru, yaitu: asesor (53,2%), instruktur (12,8%), asesor dan instruktur (10,6 %), bersifat pendalaman sebanyak 19,1%, dan bersifat tambahan keahlian sebanyak 4,3%, serta belum ada guru yang memiliki keahlian ganda.

Kata kunci: profil guru, sekolah menengah kejuruan, bidang teknologi dan rekayasa.

ABSTRACT

This paper is part of the results of the study with the objectives of: (1) identifying the program and skills competencies, (2) knowing the teacher's educational background and working length, (3) knowing the teacher's certification profile, and (4) knowing additional and dual skills teachers in the Field of Technology and Engineering at Vocational High School (SMK). The research was conducted by survey approach. The population in this study is the teacher of SMK Technology and Engineering Division in Yogyakarta Special Region as many as 1025 people with sample size of 280 people determined by Krejcie and Morgan formula. The distribution of each teacher's SMK sample in each district / city is done by proportional random sampling technique. Data were collected by an open-ended questionnaire developed through focus group discussions with educational experts and practitioners. Data were analyzed descriptively. The results are known: (1) Automotive Engineering is the most skill program (34.8%) and Minimum Geology and Mining Geology program (1.1%). Light Vehicle Engineering is the most skill competence (32.4%) and the smallest (1.1%) Geomatics and Geospatial Engineering; (2) Most teachers (75.3%) are educated in stratum 1 (S1) and a small (6.0%) educated D-3 with a dominant working period of 19-30 years of 40.1%; (3) Vocational teachers have obtained teacher certificates through PLPG 33.0% and portfolio as much as 36.8%, and (4) additional skills obtained by teachers, namely: assessors (53.2%), instructors (12.8 %), assessors and instructors (10.6%), 19.1% deeper, and 4.3% additional skills, and no double-skilled teachers.

***Keyword**: profiles of teachers, vocational high schools, technological and engineering fields.*

PENDAHULUAN

Guru yang memiliki kompetensi dalam profesinya akan dapat melaksanakan tugas dengan baik dan efisien, efektif, tepat waktu, serta sesuai dengan sasaran. Pemerintah Republik Indonesia telah menghargai guru sebagai tenaga profesi sebagaimana dengan diterbitkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Dalam undang-undang tersebut dipersyaratkan

bahwa "Guru wajib memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, sertifikat pendidik, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional". Hal ini relevan dengan tugas pokok dan fungsi guru yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya, yaitu: (1) melaksanakan proses pembelajaran, (2) melaksanakan proses pembimbingan bagi guru bimbingan konseling, (3) melaksanakan tugas tambahan yang relevan dengan fungsi sekolah, dan (4) mengembangkan keprofesionalan secara berkelanjutan. Namun dalam implementasinya, profesi guru masih perlu adanya peningkatan mutu dalam melaksanakan tugas proses pembelajaran.

Kualifikasi akademik harus dipenuhi oleh seorang pendidik yang dibuktikan melalui tingkat pendidikan minimal dengan ijazah dan atau sertifikasi keahlian yang relevan sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Undang-undang No. 14 Tahun 2005 syarat untuk menjadi guru adalah minimum memiliki ijazah S1 atau D-IV. Peraturan lebih rinci dalam Permendiknas No. 16 Tahun 2007 diketahui bahwa kualifikasi akademik guru SMK/MAK atau jenjang lain yang sederajat harus memiliki kualifikasi pendidikan minimum diploma empat (D-IV) atau sarjana (S1) dengan program studi yang sesuai dengan mata pelajaran yang diajarkan/diampu. Kualifikasi akademik guru SMK yang sesuai dengan bidang keahliannya perlu dipenuhi dan dibuktikan dengan sertifikat profesional. Hal ini bertujuan agar setiap guru SMK memiliki keahlian yang relevan dengan bidang keahlian yang diampu sehingga guru dapat dinyatakan kompeten sesuai dengan bidang pekerjaannya.

Masa tugas atau lama kerja guru berpengaruh terhadap profesionalitas kinerja guru dalam melaksanakan tugasnya. Menurut Huberman (2001: 141-160) lama kerja guru dapat dibagi kedalam lima tingkatan guru dalam rangka pengembangan keprofesionalan, yaitu: (1) masa memasuki karier (c*areer entry period)* dalam durasi 1 sampai dengan 3 tahun dalam profesinya, dimana guru mencoba untuk bertahan dan menemukan pekerjaannya, (2) masa stabilitas *(stabilisation period)* dalam durasi 4 sampai dengan 6 tahun dalam profesinya, dimana guru mulai menunjukkan komitmen, (3) masa divergen *(divergent period)* dalam durasi 7 sampai dengan 18 tahun dalam profesinya, dimana guru mampu menggali dan mengembangkan metode baru dalam belajar, (4) masa divergen kedua-*(second divergent period)* dalam durasi 19-30 tahun dalam profesinya, dimana guru mulai rileks dan mampu memperkirakan serta kritis terhadap sistem, administrasi, kolega, dan sebagainya, serta (5) masa pelepasan *(disengagement period)* dalam durasi sampai dengan 50 tahun di dalam profesinya, dimana guru secara bertahap melepaskan profesinya dan ada juga guru yang sudah mengalami kejenuhan. Uraian ini dapat dipahami bahwa secara psikologis, kematangan masa dalam bekerja yang optimal akan terjadi ketika guru dalam masa divergen, baik divergen pertama maupun kedua. Tentunya, pada masa kerja ini akan berpengaruh pada kinerja guru dalam proses pembelajaran.

Di samping kualifikasi akademik dan lama kerja guru, kompetensi juga dapat berpengaruh terhadap mutu dan kinerja guru dalam melaksanakan profesinya. Kompetensi merupakan seperangkat pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dimiliki oleh guru dalam melaksanakan tugas keprofesionalan. Terkait dengan kompetensi dengan guru ini, Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan bahwa profesi guru merupakan bidang pekerjaan khusus yang dilaksanakan berdasarkan standar kompetensi sesuai bidang tugasnya dan pelaksanaan pengembangan keprofesian berkelanjutan

sepanjang hayat. Lebih lanjut, dalam Pasal 8 Undang-undang ini dijelaskan bahwa kompetensi guru meliputi kompetensi pedagogik, kompetensi kepribadian, kompetensi sosial, dan kompetensi profesional yang diperoleh melalui pendidikan profesi". Hal ini relevan dengan tugas pokok dan fungsi guru yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya sebagaimana diuraikan di muka. Namun dalam implementasinya, profesi guru masih perlu adanya peningkatan mutu dalam melaksanakan tugas proses pembelajaran. Sertifikasi guru merupakan salah satu cara yang harus ditempuh sebagai bentuk pertanggungjawaban guru sebagai profesi.

Sertifikasi merupakan proses pemberian sertifikat pendidik untuk guru maupun dosen. Sertifikat yang diterima oleh pendidik merupakan bukti formal sebagai pengakuan yang diberikan oleh negara kepada guru sebagai tenaga profesional. Menurut Payong (2011:76-77) tujuan sertifikasi guru, antara lain: (1) untuk menentukan kelayakan dalam melaksanakan tugas sebagai agen pembelajaran dalam rangka mewujudkan tujuan Pendidikan Nasional, (2) untuk meningkatkan mutu proses dan hasil pendidikan, (3) meningkatkan martabat guru, dan (4) meningkatkan profesionalisme guru. Salah satu bentuk pengakuan pemerintah terhadap profesi guru ini telah dilakukan melalui sertifikasi guru. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 18 Tahun 2007, tentang sertifikasi guru dalam jabatan, terdapat dua bentuk penyelenggaraan sertifikasi, yaitu: (1) sertifikasi guru dalam jabatan melalui penilaian portofolio, dan (2) penyelenggaraan program sertifikasi guru dalam jabatan melalui jalur pendidikan. Sertifikasi bagi guru dalam jabatan dilaksanakan oleh Lembaga Pendidikan Tenaga Keguruan (LPTK) yang terakreditasi dan ditetapkan oleh pemerintah. Bagi guru yang tidak lolos dalam penilaian portofolio masih diberi kesempatan untuk mengikuti Pendidikan dan Latihan Profesi Guru (PLPG).

Hasil kajian implementasi sertifikasi melalui penilaian portofolio dan PLPG tahun 2008 sebagaimana disampaikan Baedhowi (2009), bahwa secara umum, kompetensi guru yang lulus sertifikasi melalui penilaian portofolio tidak banyak mengalami peningkatan, dan bahkan ada kecenderungan menurun. Lebih lanjut, Baedhowi menyampaikan bahwa sebagian guru yang telah lulus sertifikasi melalui penilaian portofolio seringkali tidak masuk dan mengajar dengan semaunya saja karena merasa sudah punya sertifikat dan telah mendapat tunjangan profesi. Sebaliknya, kompetensi guru yang lulus melalui PLPG pada umumnya meningkat, meskipun belum signifikan. Gambaran di atas dapat dipahami lemahnya para guru dalam rangka melaksanakan tugas pokok dan fungsinya agar sesuai dengan standar kompetensi guru yang dipersyaratkan. Dengan demikian, keahlian tambahan dan keahlian ganda diperlukan bagi guru SMK agar dapat mempertahankan dan meningkatkan kompetensi yang dimilikinya dalam melaksanakan profesi. Keahlian tambahan merupakan kemampuan yang dimiliki oleh guru untuk mengajar pada kompetensi keahlian yang berbeda, sedangkan keahlian ganda dimaksudkan guru memiliki kemampuan mengajar pada program keahlian yang berbeda. Orientasi keahlian ganda ini ditujukan untuk guru SMK program adaptif dan normatif agar dapat mengajar program produktif. Hal ini dimaksudkan agar jumlah guru produktif dapat memenuhi rasio siswa dan guru di SMK.

Untuk mengetahui kondisi di atas, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk: (1) mengidentifikasi program dan kompetensi keahlian, (2) mengetahui latar belakang pendidikan dan lama kerja guru, (3)

mengetahui profil sertifikat pendidikan guru, dan (4) mengetahui keahlian tambahan dan ganda guru pada Bidang Teknologi dan Rekayasa di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta.

METODE

Penelitian dilaksanakan dengan pendekatan survei. Populasi dalam penelitian ini guru Bidang Teknologi dan Rekayasa SMK di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) sebanyak 1025 orang dengan ukuran sampel sebanyak 280 orang yang ditentukan dengan rumus Krejcie dan Morgan. Distribusi sampel guru setiap SMK pada setiap kabupaten/kota dilakukan dengan teknik *proportional random sampling*. Adapun populasi dan sampel guru Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa setiap kabupaten/kota di DIY sebagaimana Tabel 1.

Data dikumpulkan dengan angket isian terbuka yang dikembangkan melalui *focus group discussion* dengan para pakar dan praktisi pendidikan. Angket berupa lembar isian dalam tabel yang terdiri atas 14 aspek, yaitu: (1) identitas diri, (2) identitas sekolah tempat bekerja, (3) riwayat pendidikan, (4) riwayat pangkat dan golongan (untuk pegawai negeri sipil), (5) riwayat jabatan fungsional (untuk pegawai negeri sipil), (6) riwayat pekerjaan (untuk non pegawai negeri sipil), (7) sertifikasi pendidik, (8) sertifikasi keahlian tambahan, (9) sertifikasi keahlian ganda, (10) pengalaman mengajar (sesuai dengan keahlian dan keahlian ganda), (11) pengembangan diri di dalam dan luar negeri, (12), pengalaman publikasi ilmiah, (13) karya inovatif, dan (14) keikutsertaan dalam organisasi keahlian/ asosiasi profesi. Selanjutnya, data dianalisis secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi dan grafik.

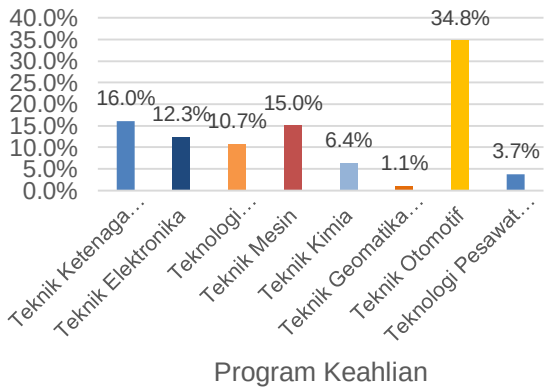
Tabel 1 Populasi dan Sampel Guru SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa di DIY

Kabupaten/ Kota	Populasi	Sampel
Bantul	149	46
Gunung Kidul	250	67
Kulonprogo	180	60
Sleman	211	59
Kota Yogyakarta	235	48
Total	1025	280

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Keahlian dan Kompetensi Keahlian pada Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa SMK di DIY

Sesuai dengan Spektrum Keahlian SMK 2016 yang diterbitan Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, keahlian di SMK dibedakan dan dikelompokan dalam tiga kategori keahlian, yaitu: bidang keahlian, program keahlian, dan kompetensi keahlian. Menurut PP No 17 Tahun 2010 bidang keahlian pada SMK merupakan penjurusan kdi SMK. Setiap bidang keahlian disyaratkan mempunyai lebih dari satu program keahlian, sedangkan untuk program keahlian disyaratkan memiliki minimal satu kompetensi keahlian. Berdasarkan Spektrum Keahlian SMK yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan No. 330/D.D5/KEP/KR/2017, terdapat 9 bidang keahlian, 13 program keahlian, dan 58 kompetensi keahlian. SMK Bidang keahlian teknologi dan rekayasa di DIY memiliki 8 program keahlian dengan 26 kompetensi keahlian. Data program keahlian pada Bidang Teknologi dan Rekayasa di DIY dapat dilihat pada Gambar 1.

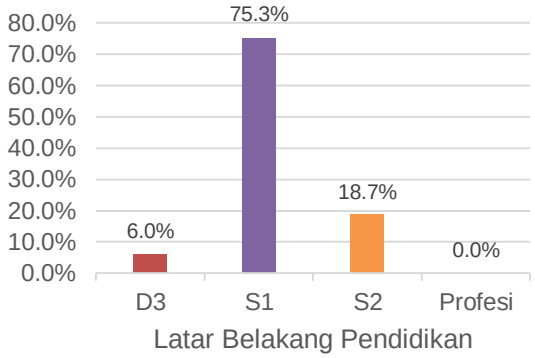


Gambar 1. Program Keahlian dalam Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa

Gambar 1 dapat diketahui masih terdapat beberapa program keahlian dan kompetensi keahlian yang tidak diselenggarakan pada SMK di DIY. Data pada Gambar 1 dapat diketahui: (1) Teknik Otomotif merupakan program keahlian terbanyak (34,8%), dimana kompetensi keahlian terbanyak (32,4%) adalah Teknik Kendaraan Ringan, dan program keahlian Geomatika dan Geospasial terkecil (1,1%) dengan kompetensi keahlian Geomatika.

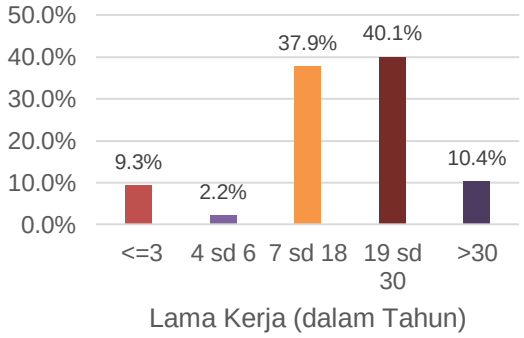
Latar Belakang Pendidikan dan Lama Kerja Guru SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa di DIY

Data hasil penelitian dapat diketahui latar belakang kualifikasi akademik guru SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa di DIY sebagaimana Gambar 2. Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa sebagian besar guru SMK (75,3%) memiliki latar belakang pendidikan sarjana (S1) dan hanya sebagian kecil guru SMK (6,0%) dengan kualifikasi pendidikan diploma tiga (D-III). Data ini dapat dinyatakan bahwa kualifikasi pendidikan guru SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa SMK di DIY telah memenuhi sebagaimana dipersyaratkan dalam Permendiknas No. 16 Tahun 2007 bahwa kualifikasi akademik guru SMK harus memiliki kualifikasi pendidikan minimum diploma empat (D-IV) atau sarjana (S1) dengan program studi yang sesuai dengan mata pelajaran yang diajarkan/diampu.



Gambar 2 Latar Belakang Pendidikan Guru SMK Bidang Teknologi dan Rekayasa

Selanjutnya, jika ditinjau dari lama kerja para guru SMK Bidang Teknologi dan Rekayasa di DIY dapat dilihat pada Gambar 3. Sebagian guru SMK (40,1%) telah melaksanakan tugas selama antara 19 tahun sampai dengan 30 tahun dan hanya sebagian kecil guru (2,2%) melaksanakan tugas selama antara 4 tahun sampai dengan 6 tahun. Data lama kerja guru SMK ini dapat diketahui masa kerja guru menurut Huberman (2001) termasuk dalam kategori masa divergen kedua *(second divergent period)* yang berarti para guru seharusnya sudah mampu memperkirakan serta kritis terhadap sistem, administrasi, kolega dalam melaksanakan tugas sehari-hari sebagai guru.



Gambar 3 Lama Kerja Guru SMK Bidang Teknologi dan Rekayasa

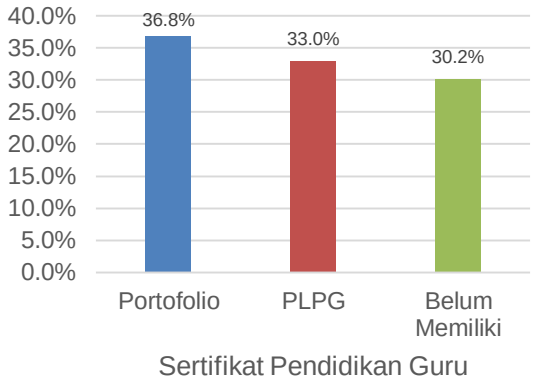
Lama kerja guru SMK bidang teknologi rekayasa di DIY paling banyak yakni pada masa divergen kedua dan paling sedikit pada masa stabilitas. Kondisi ini dapat disimpulkan bahwa secara umum guru SMK

bidang teknologi dan rekayasa di DIY sedang berada pada masa produktif.

Profil Sertifikat Pendidikan Guru Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa SMK di DIY

Profil sertifikat pendidikan guru bidang keahlian teknologi dan rekayasa di SMK disusun berdasarkan Permendiknas tentang sertifikasi bagi guru dalam jabatan yang diterbitkan oleh Menteri Pendidikan Nasional RI dengan Surat Keputusan Nomor 11 Tahun 2011 dan Permendikbud RI tentang sertifikasi bagi guru yang diangkat sebelum tahun 2016 yang diterbitkan oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI dengan Surat Keputusan Nomor 29 Tahun 2016. Sesuai dengan Surat Keputusan tersebut, terdapat empat pelaksanaan sertifikasi pendidik bagi guru, yaitu: (1) Penilaian Portofolio, (2) Pendidikan dan Latihan Profesi Guru, (3) Pemberian Sertifikat Pendidik secara Langsung, dan (4) Pendidikan Profesi Guru. Perolehan sertifikasi guru sebagian besar diperoleh melalui penilaian portofolio dan PLPG. PPG termasuk pelaksanaan sertifikasi pendidik guru yang baru dilaksanakan sedangkan Pemberian Sertifikat Pendidik secara Langsung diperuntukan bagi guru yang memiliki pendidikan S2 atau S3 dengan golongan minimal IVB.

Data capaian sertifikat pendidikan guru SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa di DIY dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa profil sertifikat pendidikan guru bidang keahlian teknologi dan rekayasa di SMK sebagian guru (33,8%) melalui Portofolio, 33,0% guru melalui PLPG, dan 30,2% guru belum memiliki sertifikasi pendidik.



Gambar 4 Sertifikat Pendidikan Guru SMK Bidang Teknologi dan Rekayasa

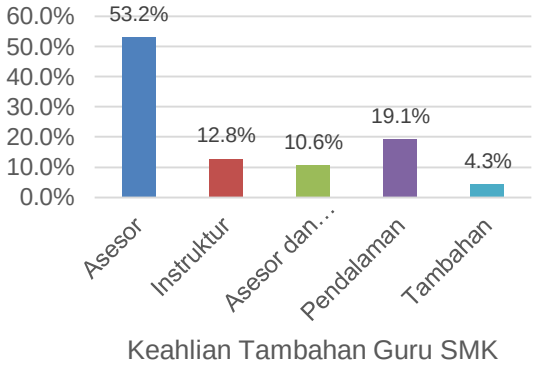
Data di atas dapat diketahui bahwa sebagian besar guru SMK bidang Teknologi dan Rekayasa di DIY sudah memiliki sertifikat pendidikan. Dengan sertifikat pendidikan guru ini, para guru SMK berarti telah memiliki kompetensi guru sesuai Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005, yaitu: (1) kompetensi pedagogik yang berkaitan dengan kemampuan mengelola pembelajaran peserta didik, (2) kompetensi kepribadian terkait dengan kemampuan kepribadian yang dapat menjadi teladan bagi peserta didik, (3) kompetensi profesional yang berhubungan dengan kemampuan penguasaan materi pembelajaran, dan (4) kompetensi sosial sebagai indikator kemampuan guru dalam berkomunikasi dan berinteraksi secara efektif dan efisien dengan lingkungan sekitar.

Keahlian Tambahan dan Ganda Guru Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa SMK di DIY

Keahlian tambahan menjadi keahlian yang dimiliki oleh guru untuk menunjang kompetensi yang sesuai dengan bidangnya. Keahlian tambahan yang dimaksud terdiri dari: (1) asesor, (2) instruktur, (3) asesor dan instruktur, (4) pendalaman, untuk mempekuat kompetensi tambahan yang sesuai dengan kompetensi keahlian dalam satu program keahlian yang sama, serta (5) tambahan keahlian, yakni untuk menambah kompetensi

yang berbeda dengan kompetensi awal guru akan tetapi masih dalam program keahlian yang sama. Selanjutnya, keahlian ganda merupakan keahlian dimiliki oleh guru adaptif maupun normatif sehingga guru dapat mengajar mata pelajaran produktif di SMK. Program keahlian ganda dilaksanakan dengan tujuan mencukupi jumlah guru produktif di SMK.

Data mengenai keahlian tambahan guru SMK Bidang Rekayasa dan Teknologi ditampilkan pada Gambar 5. Gambar 5 dapat diketahui bahwa sebagian besar guru SMK (53,2%) memiliki keahlian tambahan sebagai asesor dan sebagian kecil (4,3%) memiliki tambahan keahlian. Selanjutnya, keahlian ganda guru SMK belum ditemukan dalam penelitian ini karena program tersebut masih dalam proses pelaksanaan.



Gambar 5 Keahlian Tambahan Guru SMK

Data di atas dapat diketahui bahwa meskipun sebagian besar guru SMK memiliki keahlian tambahan sebagai asesor, namun hal ini berarti masih belum sesuai dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas proses pembelajaran di sekolah.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Teknik Otomotif merupakan program keahlian terbanyak (34,8%) dan program keahlian Geologi Pertambangan dan Geomatika terkecil (1,1%) dari 8 program keahlian. Jika ditinjau dari 26 kompetensi keahlian di SMK, Teknik Kendaraan Ringan merupakan kompetensi keahlian terbanyak (32,4%) dan terkecil (masing-masing 1,1%), yaitu: Teknik Konstruksi Kayu dan Geomatika. Hal ini berarti masih ada beberapa program keahlian dan kompetensi keahlian pada spektrum keahlian SMK yang belum dilaksanakan pada SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa di DIY.

Sebagian sebesar guru SMK (75,3%) berpendidikan Strata 1 (S1) dan sebagian kecil (6,0%) berpendidikan D-3 dengan sebagian besar guru SMK (40,1%) telah bekerja antara 19-30 tahun. Hal ini berarti kualifikasi akademik guru SMK telah memenuhi syarat Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 dan dengan lama kerja tersebut berarti sebagian besar guru SMK akan memasuki masa pensiun sehingga perlu direncanakan rekruitmen guru baru yang sesuai dengan program keahlian yang dibutuhkan.

Secara keseluruhan, sebagian besar guru SMK (69,8%) sudah memperoleh sertifikat guru yang diperoleh melalui jalur PLPG sebanyak 33,0% dan portofolio sebanyak 36,8%. Data ini berarti guru SMK dinilai dapat melaksanakan pembelajaran dengan baik.

Terdapat lima jenis keahlian tambahan yang diperoleh guru SMK, yaitu: asesor, instruktur, asesor dan instruktur, pendalaman keahlian, dan tambahan keahlian. Sebagian besar keahlian tambahan yang diperoleh guru SMK (53,2%) adalah asesor, hanya sebagian kecil guru SMK (4,3%) yang memperoleh sertifikat tambahan keahlian, dan belum ada guru yang memiliki keahlian ganda. Hal ini berarti tujuan program keahlian tambahan dan keahlian ganda di SMK masih belum tercapai.

Hasil penelitian ini dapat disampaikan beberapa saran, antara lain: (1) perlu adanya kebijakan pemerataan program keahlian dan kompetensi keahlian pada Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa SMK di DIY, (2) perlu adanya perancangan secara matang

terhadap rekruitmen guru SMK di DIY dengan memperhatikan sebaran program keahlian dan kompetensi keahlian yang ada di SMK saat ini dan pengembangannya, (3) perlu memperhatikan kesejahteraan guru SMK yang belum memperoleh sertifikat pendidik agar proses pembelajaran dapat terlaksana sesuai dengan tujuan, dan (4) program tambahan keahlian bagi guru SMK sebaiknya diorientasikan pada program keahlian yang berkaitan erat dengan tugas utama guru.

DAFTAR RUJUKAN

Baedhowi. (2009).Tantangan Pendidikan Masa Depan dan Kiat Menjadi Guru Profesional. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional dan Launching Klub Guru Indonesia Wilayah Yogyakarta, di Yogyakarta, 14 Juni 2009.

Huberman, M. (2001). Networks that alter teaching: Conseptualizations, exchanges and experiments. Dalam Soler, J., Craft, A., & Burgerss, H. (Eds.). *Teacher development: Exploring our own practice*. London: Paul Chapman Publishing and The Open University.

Kemendikbud. (2016). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2016 tentang Sertifikasi bagi Guru yang Diangkat Sebelum Tahun 2016.

Kemendiknas. (2007). Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2007 tentang Sertifikasi bagi Guru dalam Jabatan.

Kemendiknas. (2007). Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Nomor 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru.

Kemendiknas. (2011). Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2011 tentang Sertifikasi bagi Guru dalam Jabatan.

Kementerian Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi. (2009). Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya.

Payong, M.R. (2011). Sertifikasi Profesi Guru: Konsep Dasar, Problematika, dan Implementasinya. Jakarta : PT Indeks Permata Puri Media.

Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2005). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.

PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA TRAINER PENGENDALI ELEKTROMAGNETIK

Hamdani [1], Fivia Eliza[2], dan Angga Mardani[3]
[1,2]Dosen, Universitas Negeri Padang
[3]Mahasiswa, Universitas Negeri Padang
[1]Email : hamdani@ft.unp.ac.id
[2]Email : Fivia_eliza@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi rendahnya hasil belajar siswa diantaranya adalah proses pembelajaran yang berpusat pada guru. Media yang digunakan dalam pembelajaran berupa modul dan papan tulis. Sehingga ditemukan hasil belajar siswa yang belum mencapai KKM. Salah satunya pada pembelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik kelas XI TITL di SMKN 1 Padang. Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian untuk meningkatkan hasil belajar siswa dengan menggunakan media trainer pengendali elektromagnetik. Hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar berada pada taraf tinggi. Dapat disimpulkan bahwa penerapan trainer pengendali elektromagnetik dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata kunci: Media, Trainer Pengendali Elektromagnetik, Hasil Belajar

ABSTRACT

This research is motivated by several factors which affect the low learning outcomes of students such as teacher-centered learning process. The medium used in learning in the form of modules and whiteboard. So that found result of student learning which have not reached KKM. One of them is on learning of Electromagnetic Control System of XI TITL class at SMKN 1 Padang. Therefore, then conducted research to improve student learning outcomes by using trainer of electromagnetic control. The results of research and analysis data indicate that there is an increase in learning outcomes are at a high level. It can be concluded that the application trainer of electromagnetic control can improve student learning outcomes.

Keywords: *Media, Electromagnetic Control, Trainer, Learning Outcomes*

PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan merupakan pendidikan yang diharapkan agar lulusannya dapat langsung mendapatkan pekerjaan yang sesuai dengan pendidikan dan keahlian yang telah ia pelajari selama menempuh jenjang pendidikan pada program pendidikan kejuruan. Hal ini sesuai dengan pendapat Kuswana (2013:198) yang mengungkapkan bahwa "SMK memiliki tujuan untuk menyiapkan siswa agar dapat bekerja, baik secara mandiri atau mengisi lowongan pekerjaan yang ada di DU/DI sebagai tenaga kerja tingkat menengah, sesuai dengan bidang dan program keahlian yang diminatinya".

Pembelajaran sistem pengendali elektromagnetik merupakan mata pelajaran yang mempunyai ciri mata pelajaran yang berorientasi pembelajaran proyek. Dengan siswa langsung diberikan pemahaman alat, dan kemudian siswa diberikan kesempatan untuk langsung terlibat dalam pengerjaan proyek kerja pengendali elektromagnetik. Namun dalam pelaksanaan pembelajaran pada mata pelajaran sistem pengendali elektomagnetik kelas XI di SMKN 1 Padang. Ketika proses pembelajaran dimulai, seorang guru akan mencatat materi yang akan dibahas di papan tulis, kemudian guru akan menjelaskannya, siswa mencatat dan mendengarkan materi yang telah ditulis dan dijelaskan oleh guru tersebut. pada saat proses pembelajaran guru cenderung hanya memilih media papan tulis

dalam penyampaian materi kepada siswa di kelas. Pada akhir pertemuan siswa akan diberi pekerjaan rumah (PR), berupa pertanyaaan-pertanyaan menyangkut materi yang telah dibahas.

Pembelajaran seperti ini menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain ; (1) Banyak siswa yang tidak fokus dalam mengikuti proses pembelajaran selama proses pembelajaran berlangsung, (2) tidak terjalin komunikasi dua arah antara guru dan siswa, (3) banyak siswa yang tidak berpartisifasi aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Selain itu juga dapat mengakibatkan hasil belajar akhir siswa tidak bagus atau tidak mencapai nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang telah ditetapkan oleh sekolah. Hal tersebut dibuktikan dengan masih banyaknya hasil belajar akhir siswa yang dibawah nilai KKM.

Tabel 1. Persentase Hasil Belajar Siswa Pada Standar Kompetensi Sistem Pengendali Elektromagnetik Semester 1 Tahun Ajaran 2015/2016

No.	Kelas	Jumlah Siswa	Nilai ≥ 70 (%)	Nilai < 70 (%)
1	XI TITL A	30	33,33	66,67
2	XI TITL B	30	30	70

Dari tabel 1 terlihat bahwa rata-rata hasil belajar siswa kelas XI TITL A yang mencapai nilai lebih dari atau sama dengan 70 hanya 33,33% (10 orang) sementara siswa yang mencapai nilai kurang dari 70 adalah 66,67% (20 orang). Pada kelas XI TITL B yang mencapai nilai lebih dari atau sama dengan 70 hanya 30% (9 orang) sementara siswa yang mencapai nilai kurang dari 70 adalah 70% (21 orang). Untuk itu maka dengan pemberian pemahaman alat, demonstrasi langsung terhadap alat, serta penggunaan trainer ini diharapkan dapat menambah persentase siswa yang mencapai KKM pada mata pelajaran pengendali elektromagnetik di SMK Negeri 1 Padang.

Salah satu solusi yang bisa dipakai dalam meningkatkan ketuntasan belajar pada mata pelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik adalah media demonstrasi dan simulasi yaitu berupa Trainer Pengendali Elektromagnetik. Melalui Trainer Pengendali Elektromagnetik diharapkan siswa lebih aktif saat proses pembelajaran berlangsung serta akan tercapainya ketuntasan belajar yang telah ditetapkan kepada siswa kelas XI SMKN 1 Padang.

Secara harfiah, media berasal dari bahasa latin '*medius*' yang berarti sebagai pengantar informasi kepada tujuan penerima informasi tersebut. Hal ini bersesuaian dengan yang diungkapkan oleh pendapat Heinich,dkk (1982) dalam arsyad (2010:4) yang menyatakan "istilah *medium* sebagai perantara yang mengantar informasi antara sumber dan penerima. Apabila media itu membawa pesan atau informasi yang bertujuan pengajaran maka media itu disebut media pembelajaran". Sedangkan, Sadiman mengungkapkan (2012:64) bahwa "alasan penggunaan media agar memenuhi kebutuhan pencapaian tujuan yang diinginkan". Kemudian bersesuaikan dengan yang diungkapkan Sudjana & Rivai (1992:2) memberikan rumusan manfaat media pembelajaran dalam proses pembelajar siswa yaitu : Pembelajaran akan lebih menarik perhatian siswa sehingga dapat menumbuhkan motivasi belajar, bahan pembelajaran akan lebih jelas maknanya, dan metode mengajar akan lebih bervariasi. Sehingga pada prinsipnya penggunaan media dalam pembelajaran adalah untuk membantu mempermudah tercapainya tujuan pembelajaran.

Melihat arti dan ruang lingkup media pembelajaran, maka banyak hal yang bisa digunakan untuk membantu percepatan pencapaian tujuan pembelajaran, salah satunya melalui pengembangan trainer pengendali elektromagnetik sebagai media pembelajaran. Berdasarkan klasifikasi media menurut

taksonomi Briggs, trainer tergolong pada media objek dan model. Sedangkan berdasarkan klasifikasi menurut Gagne, trainer tergolong kelompok benda yang bisa didemonstrasikan dan mesin belajar. Merujuk pendapat Sadiman (2012:17) mengenai kegunaan media, maka trainer merupakan implementasi dari objek besar yang diperkecil, objek kompleks yang disajikan dengan model, dan visualisasi konsep yang terlalu luas. Kemudian trainer mampu menyimpan materi sehingga bisa disampaikan kembali, menyederhanakan suatu sistem yang kompleks, serta memberikan pengalaman yang sama saat penyajian. Ini membuktikan bahwa trainer memiliki ciri distributif,manipulative dan fiksiatif.

Pendapat diatas memperkuat bahwa pada suatu kondisi perlu dilakukan pengembangan media pembelajaran dalam bentuk *media by design* sehingga tujuan pembelajaran bisa tercapai dengan baik. Emzir (2010:272) berpendapat: "kelangkaan materi ajar dalam proses pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar dapat diatasi dengan melakukan penelitian pengembangan ". Proses pengembangan media pembelajaran harus memperhatikan sistematika dan prosedur yang jelas.

Mata pelajaran sistem pengendali elektromagnetik merupakan salah satu mata pelajaran produktif yang termuat dalam kurikulum SMK kelompok Teknologi dan Rekayasa jurusan ketenagalistrikan. Di SMKN 1 Padang mata pelajaran ini diajarkan di kelas XI pada program keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Mata pelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik memiliki karakteristik yang kompleks. Pada mata pelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik, tidak hanya sekedar pengetahuan yang bersifat hafalan, tetapi juga pembuktian serta penjelasan prinsip-prinsip dan konsep Pengendali Elektromagnetik. Berdasarkan karakteristik mata pelajaran diatas, maka media berbentuk model, replika dan trainer cocok digunakan sebagai upaya mempercepat tercapainya tujuan pembelajaran. Media ini mampu memproyeksikan materi abstrak menjadi konkrit. Model dan trainer bisa memproyeksikan contoh benda nyata dalam bentuk media pembelajaran.

Media trainer pengendali elektromagnetik merupakan media pembelajaran yang digunakan untuk membantu guru dalam menjelaskan beberapa teori yang membutuhkan contoh langsung agar dapat mempermudah pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang dijelaskan oleh guru. Media trainer ini digunakan terutama untuk membantu penjelasan materi dalam proses pembelajaran teori. Dengan menerapkan media trainer pengendali elektromagnetik ini dapat mempermudah siswa memahami beberapa materi yang disampaikan oleh guru terkait dengan materi-materi pembelajaran yang membutuhkan contoh fisik sebelum melaksanakan praktikum di dalam labor atau workshop. Siswa dalam pelaksanaan pembelajaran teori dapat memahami penerapan dari teori-teori yang diajarkan.

Media trainer pengendali elektromagnetik dalam penerapannya digunakan oleh guru didepan kelas sebagai media demonstrasi, simulasi, serta media nyata. Dengan demikian dapat membantu guru dalam menjelaskan materi dan membantu siswa untuk memahaminya. Materi pembelajaran pada mata pelajaran sistem pengendali elektromagnetik terdiri dari materi yang membahas tentang peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam membuat sistem pengendali elektromagnetik serta bentuk rangkaian-rangkaian yang digunakan untuk membuat sistem pengendali elektromagnetik dalam beberapa penerapan dan aplikasinya.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *quasi ekperiment* (eksperimen semu). *Pretest* dilakukan sebelum melaksanakan pembelajaran, untuk mengetahui pengetahuan awal siswa. Sementara *posttest* dilaksanakan setelah proses

pembelajaran dengan menerapkan penggunaan media trainer pengendali elektromagnetik sebagai media pembelajaran. Hasil *posttest* dibandingkan dengan hasil *pretest* untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah pembelajaran dengan mengunakan media trainer pengendali elektromagnetik.

Penelitian ini mengunakan desain *One Group Pretest - Posttest*. Sekelompok subjek diberi perlakuan untuk jangka waktu tertentu berupa pembelajaran dengan menggunakan media trainer pengendali elektromagnetik. Dalam desain ini, pengukuran dilakukan dua kali. Pengukuran pertama dilakukan sebelum perlakuan. Pengukuran kedua dilakukan setelah perlakuan diberikan.

Tabel 2. Desain Penelitian

Pretest	Perlakuan	*Posttest*
O_1	X	O_2

Keterangan :

X = pembelajaran dengan penggunaan media trainer pengendali elektromagnetik

O_1 = Tes awal sebelum menggunakan media trainer pengendali elektromagnetik

O_2 = Tes akhir setelah digunakan media trainer pengendali elektromagnetik

Indikasi adanya peningkatan dapat diamati dari hasil *pretest* dan *posttest* tiap siswa, dengan cara menghitung nilai rata-rata kelas. Pada penelitian ini, soal *pretest* dan *posttest* dibuat setara. Hal ini disebabkan ingin mengetahui apakah terdapat peningkatan mendeskripsikan konsep merangkai rangkaian pada Sistem Pengendali Elektromagnetik antara sebelum dan sesudah pembelajaran yang menerapkan media trainer pengendali elektromagnetik.

Subjek dalam penelitian ini adalah kelas XI TITL A SMK Negeri 1 Padang pada semester ganjil Juli-Desember 2016. Jumlah subjek penelitian adalah sebanyak 31 siswa. Subjek penelitian ditentukan secara random dari dua kelas jurusan teknik instalasi tenaga listrik di SMKN 1 Padang yang memiliki kemampuan rata-rata yang sama, hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata kelas dari ujian KD 1 Sistem Pengendali Elektromagnetik dimana rata-rata kelas XI TITL A adalah 70,16, kelas XI TITL B adalah 71,70.

Instrument Penelitian

Tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes objektif. Indikasi adanya peningkatan dapat diamati dari hasil *pretest* dan *posttest* tiap siswa, dengan cara menghitung nilai rata-rata kelas. Pada penelitian ini, soal *pretest* dan *posttest* dibuat setara. Hal ini disebabkan ingin mengetahui apakah terdapat peningkatan mendeskripsikan konsep merangkai rangkaian pada Sistem Pengendali Elektromagnetik antara sebelum dan sesudah pembelajaran yang menerapkan media trainer pengendali elektromagnetik.

Langkah-langkah yang ditempuh dalam penyusunan tes adalah sebagai berikut:
Menentukan pokok bahasan dan sub pokok bahasan dalam mata pelajaran sistem pengendali elektromagnetik pada kompetensi dasar mengoperasikan peralatan dengan sistem pengendali mekanik menggunakan relay, kontaktor, pembatas arus dan saklar batas. Membuat kisi-kisi soal. Membuat soal tes berdasarkan kisi –kisi dan membuat kunci jawaban. Melakukan uji coba soal di SMKN 1 Padang pada kelas XI TITL B. Melakukan analisis hasil uji coba berupa uji validitas, uji reliabilitas, daya pembeda, dan taraf kesukaran soal. Menetapkan soal yang dapat digunakan untuk penelitian.

Soal tes disusun berdasarkan materi dan tujuan yang ingin dicapai dalam pembelajaran berdasarkan kurikulum. Pengujian validitas dan reliabilitas tes diuraikan berikut ini:

Validitas Butir Soal

Sebuah item soal dikatakan valid mempunyai dukungan yang benar terhadap skor total. Untuk mengetahui validitas empiris digunakan uji statistik yakni teknik korelasi *point biserial* yang dikemukakan Arikunto (2012:79), yaitu :

$$r_{pbi} = \frac{M_p - M_t}{S_t}\sqrt{\frac{P}{q}}$$

Keterangan:

r_{pbi} = koefisien korelasi antara variabel X dan Y, dua variabel yang Dikorelasikan.

M_p = skor rata-rata hitung yang dimiliki tester, dijawab dengan benar.

M_t = skor rata-rata dari skor total.

S_t = standar deviasi dari skor total.

Penafsiran validitas butir soal dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus di atas dengan r tabel pada taraf signifikan 5% dengan criteria $r_{pbi} > r_{tabel}$ maka soal dinyatakan valid.

Reliabilitas Tes

Untuk menentukan reliabilitas tes dipakai rumus Kuder Richardison (KR-20). Untuk menentukan reliabilitas tes dipakai rumus Kuder Richardison (KR-20) yang dilakukan Arikunto (2012:102) :

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1}\right)\left(\frac{S^2 - \Sigma pq}{S^2}\right)$$

Keterangan :

r_{11} = reliabilitas tes secara keseluruhan

n = banyaknya item

p = proporsi subjek yang menjawab item benar

q = proporsi subjek yang menjawab item dengan salah (q =1-p)

Σpq = jumlah hasil perkalian antara p dan q

S = standar deviasi tes (akar varian)

Kiteria dalam pengujian reliabilitas adalah jika $r_{11} \geq r_t$ berarti reliabel dan jika $r_{11} \leq r_t$ berarti tidak reliabel.

Tingkat Kesukaran

Rumus yang digunakan seperti yang dikemukan Arikunto (2012 :208), yaitu :

$$P = \frac{B}{J_s}$$

Keterangan ;

P =Indeks kesukaran

B =Jumlah siswa yang menjawab dengan benar

J_s = jumlah seluruh siswa peserta tes

Soal yang baik adalah soal yang tidak terlalu mudah atau tidak terlalu sukar. Soal yang terlalu mudah tidak merangsang siswa untuk mempertinggi usaha untuk memecahkannya.

Menghitung Daya Beda

Arikuto (2012:211) menyatakan bahwa daya pembeda suatu butir soal adalah kemampuan sesuatu soal tersebut untuk membedakan antara siswa yang berkemampuan tinggi dengan siswa yang berkemampuan rendah dengan siswa yang termasuk kelompok bawah. Untuk menentukan daya pembeda, seluruh siswa dirangking dari nilai tertinggi hingga terendah. Kemudian diambil 50%. Skor terbawah sebagai kelompok bawah (Jb). Daya pembeda butir soal dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D = \frac{B_a}{J_a} - \frac{B_b}{J_b}$$

Keterangan :

D = Daya pembeda

B_a = Jumlah kelompok atas yang menjawab benar

B_b = jumlah kelompok bawah yang menjawab benar

J_a = jumlah peserta kelompok atas

J_b = jumlah peserta kelompok bawah

Prosedur Penelitian

Secara garis besar penelitian ini meliputi dua tahap yaitu tahap persiapan penelitian dan tahap pelaksanaan penelitian.

Tahap Persiapan Penelitian

Studi pustaka mengenai media trainer pengendali elektromagnetik., Melakukan studi kurikulum mengenai pokok bahasan yang dijadikan penelitian. Menentukan sekolah yang akan dijadikan subjek penelitian.Mengurus perizinan. Menghubungi pihak sekolah yang akan dijadikan sebagai lokasi penelititan. Konsultasi dengan guru mata pelajaran sistem pengendali elektromagnetik di tempat akan dilaksanakannya penelitian. Menentukan subjek penelitian. Membuat media trainer pengendali elektromagnetik berdasarkan materi pembelajaran yang akan diajarkan pada proses pembelajaran. Validasi media trainer yang sudah dibuat kepada ahli media

pembelajaran Menyiapkan perangkat pembelajaran, dan instrumen penelitian. Mengkonsultasi perangkat pembelajaran, dan intrumen penelitian kepada dosen pembimbing. Memperbaiki intrumen penelitian. Melakukan uji coba intrumen penelitian.Melakukan analisis terhadap hasil uji coba intrumen untuk mengetahui validitas, reliabilitas, daya pembeda dan tingkat kesukaran tes. Memperbaiki dan melengkapi instrumen setelah dilkukannya uji coba instrumen.

Tahap pelaksanaan penelitian

Memberikan *pretest* pada awal kegiatan penelitian. Melakukan pembelajaran mata pelajaran sistem pengendali elektromagnetik, dengan kompetensi dasar yang telah dipilih sebagai kompetensi dasar penelitian, dengan menerapkan media trainer pengendali elektromagnetik. Mengukur kemampuan akhir siswa dengan memberikan *posttest* untuk mengetahui hasil belajar siswa setelah silakukan perlakuan, yakni proses pembelajaran yang menggunakan media trainer pengendali elektromagnetik. Melakukan analisis data terhadap data hasil *pretest* dan *posttest* yang telah dilakukan, sebagai kegiatan akhir penelitian dan untuk mengungkap peningkatan hasil belajar siswa setelah dilakukan perlakuan.

Teknik Analisis Data Data yang dihimpun berasal dari hasil *pretest* dan *posttest* yang diberikan pada kelas eksperimen. Analisis data Penelitian ini bertujuan menguji kebenaran yang diajukan pada penelitian.

Mencari Nilai Rata-rata (mean)

$$\bar{X}=\frac{\Sigma f\, X_i}{n}$$

Keterangan :

$\bar{X}$ = mean

$\Sigma f\, X_i$ = jumlah nilai x ke I sampai ke n

n = jumlah siswa

Mencari Standar Deviasi

Standar deviasi dicari dengan menggunakan formula berikut:

$$S=\sqrt{\frac{n.\ \Sigma f X_i-(f\ X_i)^2}{n\,(n-1)}}$$

Keterangan :

S = standar deviasi

n = jumlah siswa

f = jumlah frekuensi tiap kelas

$\Sigma f\ X_i$ = jumlah nilai x ke I sampai ke n

Peningkatan Hasil Belajar

Peningkatan hasil belajar siswa dalam suatu proses pembelajaran dapat diukur dengan memberikan *pretest* dan *posttest*. Hake (1999) mengemukakan bahwa Peningkatan hasil belajar dapat dianalisis menggunakan *gainscore* dengan rumus sebagai berikut:

$$< g >=\frac{(< S_f > -< S_i >)}{(100-< S_i >)}$$

Keterangan:

$< g >$ = *gain score* ternormalisasi

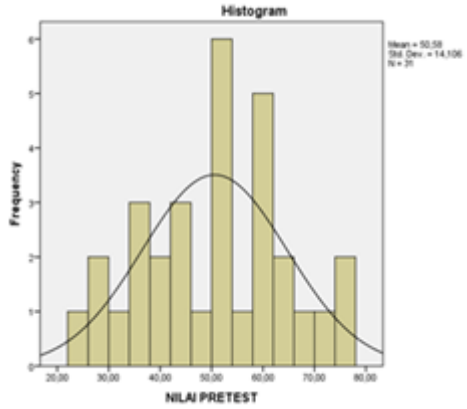
S_f = Skor rerata *posttest*

S_i = skor rerata *pretest*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil *Pretest*

Berdasarkan analisis data menunjukkan distribusi data tes awal siswa sebelum diberikan perlakukan berupa proses pembelajaran dengan menggunakan media trainer pengendali elektromagnetik sebagai media. Tes ini diikuti 31 orang siswa Berdasarkan data yang terkumpul seperti dalam Tabel 9, nilai *pretest* siswa cukup bervariasi, namun nilai yang banyak diperoleh siswa adalah 52 yaitu 6 orang siswa (19,4%) dan 60 yaitu 5 orang siswa (16,1%) dari 31 orang siswa yang mengikuti *pretest* ini. kemudian siswa yang lainnya mendapatkan nilai yang bervariasi, mulai dari yang mendapatkan nilai 24 yang terendah sampai yang mendapatkan nilai tertinggi yakni 76. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Histogram Distribusi Data Hasil *Prestest*

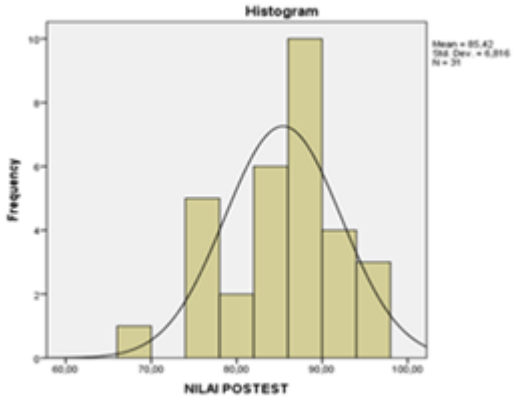
Data Hasil *Posttest*

Data hasil *posttest* didapatkan setelah dilakukannya tes akhir yang diikuti oleh 31 orang siswa kelas XI TITL A. Hasil belajar yang diperoleh dari tes akhir (*posttest)* dilakukan setelah adanya perlakuan yakni proses pembelajaran dengan menggunakan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media pembelajaran. Pada Gambar 2 yang menunjukkan secara jelas distribusi data tes akhir siswa setelah diberikan perlakuan berupa proses pembelajaran dengan menggunakan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media pembelajaran.

Berdasarkan data yang terkumpul nilai Posttest yang banyak diperoleh siswa adalah 88 yaitu 10 orang siswa (32,3%) dan 84 yaitu 6 orang siswa (19,4) dari 31 orang. kemudian siswa yang lainnya mendapatkan nilai yang bervariasi, mulai dari nilai 64 yang terendah hingga nilai 96 yang tertinggi. Untuk lebih jelas dapat memperhatikan histogram gambar 2.

Peningkatan Hasil Belajar

Peningkatan hasil belajar siswa diperoleh dengan menganalisis hasil tes akhir (*posttest)* dengan hasil test awal (*pretest*) yang diikuti oleh 31 orang siswa kelas XI TITL A SMKN 1 Padang . Hasil *pretest* dan hasil *postest* tersebut dianalisis dengan menggunakan rumus *gain score* . Peningkatan hasil belajar siswa diperoleh berdasarkan data *pretest* dan *postest* yang telah dilaksanakan, skor peningkatan hasil belajar tertinggi adalah 0,88 dan skor peningkatan hasil belajar siswa yang terendah adalah 0,44.



Gambar 2. Histogram Distribusi Data Hasil *Posttest*

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dari data yang diperoleh pada saat penelitiaan ini, menunjukkan bahwa penggunaan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media pembelajaran yang digunakan pada proses pembelajaran mata pelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik kelas XI Teknik Instalasi Tenaga Listrik dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Dengan mengacu pada tabel kriteria *gainscore* maka diketahui bahwa peningkatan hasil belajar siswa yang didapatkan berada pada kriteria tinggi.

Ditinjau dari kriteria peningkatan hasil belajar, jumlah siswa yang mengalami peningkatan tinggi adalah 18 sedangkan jumlah siswa yang mengalami peningkatan pada taraf sedang adalah 13 orang siswa .

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

Hasil belajar siswa dalam mata pelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik kelas XI dengan menggunakan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media

pembelajaran dalam proses pembelajaran di kelas didapatkan nilai rata-rata dari 31 orang siswa yaitu 85,42.

Hasil belajar siswa setelah dilaksanakan proses pembelajaran dengan menggunakan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media pembelajaran (nilai *posttest*) lebih baik jika dibandingkan dengan nilai sebelumnya (nilai *pretest*).

Peningkatan hasil belajar siswa yang terjadi pada kategori tinggi yaitu 0,71, dengan demikian dapat dijelaskan hasil belajar siswa pada mata diklat Sistem Pengendali Elektromagnetik setelah pembelajaran dilakukan dengan media *trainer pengendali elektromagnetik* sebagai media pembelajaran mengalami peningkatan.

DAFTAR RUJUKAN

Arif Sadiman S dkk, 2012. *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rajawali Press.

Azhar Arsyad, 2010. *Media Pembelajaran.* Jakarta: Rajawali Press.

Emzir, 2010. *Metodologi Penelitain Pendidikan: Kuantitatif dan Kualitatif.* Jakarta: Rajawali Press.

Kuswana, 2013. *Sebab didirikan SMK*. Jakarta: Gaung Persada Press Jakarta.

Nana Sujana dan Rivai, 1992. *Media Pengajaran*. Bandung: CV Sinar Baru.

Suharsimi Arikunto, 2012. *Evaluasi Program Pendidikan.* Jakarta: Bina Aksara

VALIDITAS KONSTRAK INSTRUMEN ADAPTABILITAS KARIER BIDANG KELISTRIKAN

Muhammad Yafie Nuha[1], Ketut Ima Ismara[2], dan Nurhening Yuniarti[3]
[1]Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, PPS UNY
[2, 3]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT UNY
[1]E-mail: yafie.nuha@gmail.com
[2]E-mail: kimaismara@gmail.com
[3]E-mail: nurhening@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bukti validitas instrumen pengukur konstrak adaptabilitas karier bidang kelistrikan. Sampel dalam penelitian adalah mahasiswa pendidikan teknik elektro yang berjumlah 146 mahasiswa. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis faktor konfirmatori orde kedua. Kesusuaian model teoritis dengan data empiris ditentukan dengan melihat koefisien Chi-Square, p-value, CFI (*Comparatie Fit Index*), dan RMSEA (*Root Mean Square Error of Approxiamation*). Validititas tiap item dalam konstrak adaptabilitas karier ditentukan dengan melihat nilai muatan faktor, nilai t, dan taraf signifikasinsi. Item dianggap valid jika muatan faktor lebih dari 0,3, nilai-t lebih besar daripada 1,96, dan taraf signifikansi kurang dari 5%. Validitas tiap faktor dari adaptabilitas karier ditentukan dengan melihat nilai CR (Construct Reliability) dan rerata varian terekstrak. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa instrumen adaptabilitas karier bidang kelistrikan terdiri atas 20 butir yang mewakili empat faktor, yaitu perhatian, kontrol, kengintahuan, dan kepercayaan dapat dinyatakan valid.

Kata Kunci: Validitas Konstrak, Analisis Faktor Konfirmatori, dan Adaptabilitas Karier.

ABSTRACT

This research aims to get a proof of the validity career adapt-ability scale in the field of electrical construction. The samples in this research are electrical engineering education students, amounting to 146 students. The data analysis technique used in this research is second order confirmatory factor analysis (CFA). The compatibility of theoretical models with empirical data is determined with the coefficients of Chi-Square, p-value, CFI (Comparative Fit Index), and RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation). The validity of each item in the career adapt-ability scale is determined with the value of factor loading, t value, and the significance level. Item is considered valid if the factor load is more than 0.3, the t-value is greater than 1.96, and the significance level is less than 5%. The validity of each factor of career adapt-ability is determined with CR (Construct Reliability) and average variance extracted (AVE). Based on the results of the analysis, it is found that the career adapt-ability instrument in the field of electricity consists of 20 items representing four factors, namely concern, control, curiosity, and confidence are categorized valid.

Keywords**:** *Construct Validity, Confirmatory Factor Analysis, and Career Adaptability*.

PENDAHULUAN

Laju perubahan teknologi memaksa individu untuk beradaptasi dengan cepat terhadap cara baru dalam berkomunikasi, belajar, bekerja, dan hidup. Fleksibilitas dan adaptabilitas penting untuk belajar, bekerja, dan bermasyarakat pada abad ke-21. Syarat mampu bekerja pada abad ke-21 adalah kemampuan untuk cepat memperoleh dan menerapkan pengetahuan baru. Fleksibilitas dan adaptabilitas dapat dipelajari mahasiswa melalui proyek (pembelajaran) kompleks yang memiliki tantangan untuk diselesaikan. Seringkali materi yang sudah dipelajari tidak dapat diterapkan secara langsung untuk menyelesaikan proyek sehingga menantang mahasiswa untuk beradaptasi dalam mengembangkan gagasan (Trilling dan Fadel, 2009).

Adaptabilitas karier merupakan salah satu elemen teori pembangun karier, selain kepribadian vokasi dan pengembangan tugas. Teori pembangun karier menjelaskan mengenai interaksi antara perkembangan individu dan

sosial dalam dunia kerja (Savickas, 2005:43). Adaptabilitas karier pertama kali diperkenalkan oleh Super untuk menggantikan konsep kematangan vokasi. Pergantian itu dilakukan karena Adaptabilitias karier lebih tepat untuk menggambarkan interaksi antara individu dengan lingkungan dan kompetensi kerja daripada kematangan vokasi (Super dan Knassel, 1981). Konsep mengenai adaptabilitas karier selanjutnya dikembangkan oleh Mark L. Savickas melalui berbagai penelitiannya.

Adaptabilitas karier didefinisikan sebagai bentuk kesiapan seseorang untuk mengerjakan tugas yang tidak diprediksi, melakukan perencanaan, dan berperan aktif terhadap perubahan cara dan kondisi kerja (Savickas, 1997:254). Definisi Savickas secara tersirat menjelaskan bahwa adaptabilitas karier merupakan suatu kemampuan untuk melakukan perubahan diri tanpa kesulitan saat adanya dinamika karier. Adaptabilitas karier merupakan dimensi dari psikososial yang merujuk pada kesiapan dan sumberdaya individu untuk melaksanakan tugas dalam dunia kerja (Savickas, 2005:51). Tugas itu meliputi pelaksanaan serta pengembangan tugas yang ada, transisi karier, dan masalah psikis. Seseorang yang memiliki adaptabilitas tinggi tidak merasakan banyak hambatan dalam mengejar karier, mempunyai banyak minat, dan kualitas hidup lebih tinggi (Soresi, Nota, & Ferrari, 2012).

Pendapat lain menyatakan bahwa adaptabilitas karier adalah suatu kecenderungan individu dalam memandang kapasitas dirinya untuk merencanakan, menyesuaikan diri, dan bertanggung jawab dalam bekerja, terutama ketika ada kejadian tak terduga (Rottinghaus, 2004:46). Adaptabilitas karier merupakan segala sumber penyesuaian diri dan strategi yang seseorang gunakan dalam proses pembangunan karier selama berada dalam situasi kritis (Negru-Subtirica dkk., 2015:132). Kedua pendapat tersebut menyiratkan bahwa adaptabilitas karier dapat dinilai melalui respon dan tindakan seseorang dalam situasi kritis yang datang secara tidak terduga.

Adaptabilitas karier dapat ditunjukkan dengan berbagai aktifitas yang berkaitan dengan perencanaan, melaksanakan tugas secara efektif dalam berbagai kondisi dan pencarian tantangan baru. Individu yang memiliki adaptabilitas karier tinggi harus bisa menganggap dirinya lebih berharga dalam lingkungan sosial (Spurk, dkk., 2015:3). Adaptabilitas karier meliputi kompetensi secara umun dan perilaku khusus yang digunakan sebagai upaya ansipasi dan penyesuaian diri terhadap perubahan kondisi lingkungan kerja (van Vianen, 2012:718). Adaptabilitas karier dapat diasah melalui perkuliahan yang berbasis pada proyek dan berbagai kegiatan UKM serta PKM (Program Kreativitas Mahasiswa) yang banyak mengandung aktifitas perencanaan.

Adaptabilitas karier memiliki empat dimensi, yaitu perhatian (perhatian terhadap karier masa depan), kontrol (peningkatan kendali diri sebagai usaha mencapai masa depan yang diinginkan), keingintahuan (eksplorasi berbagai kemungkinan skenario masa depan yang akan dihadapi) dan kepercayaan (penguatan kepercayaan diri untuk mencapai keinginan). Empat dimensi adaptabilitas karier diberi nama sesuai dengan fungsinya dan merupakan dimensi pada tingkat tertinggi. Tiap dimensi tingkat tertinggi mengarah pada teori sikap, kepercayaan, dan kompetensi (teori pengembangan karier ABC/ *attitude, belief and competency*). Teori pengembangan karier ABC merupakan wujud nyata dari sikap untuk menangani tugas perkembangan, negosiasi transisi, dan penanganan trauma pribadi. Tiap dimensi dihubungkan dengan teori ABC (*attitude*/ sikap, *belief* / kepercayaan dan *competencies* / kompetensi) yang menggambarkan level menengah dari adaptabilitas karier (Savickas, 2005:52).

Berbeda pendapat dengan Savickas, menurut Super adaptabilitas karier terdiri atas lima kemampuan utama. Pertama, kemampuan untuk belajar dari pengalaman dan antisipasi masa depan (perencanaan). Kedua, kemampuan untuk mengajukan pertanyaan, mengumpulkan informasi melalui interaksi dan komunikasi dengan komunitas (eksplorasi). Ketiga, kemampuan untuk mengumpulkan informasi mengenai dunia kerja (Pengumpulan Informasi). Keempat, kemampuan untuk membuat pilihan berdasar pada pengetahuan cara pembuatan keputusan (pembuatan keputusan). Kelima, kemampuan untuk

mengembangkan kesadaran diri, pengetahuan diri dan menentukan pilihan secara realistis sesuai dengan keinginan (Orientasi yang realistis) (Savickas, 2005:359).

Berdasarkan berbagai penelitian terakhir berkaitan dengan adaptabilitas karier, empat dimensi adaptabilitas karier yang dikemukanan Savickas lebih cocok digunakan sebagai rujukan utama (Savickas dan Porfelli, 2012). Empat dimensi ini juga digunakan Savickas sebagai pedoman utama dalam penyusunan instrumen adaptabilitas karier, yang dikenal dengan CAAS (*Career Adapt-Ability Scale*). Penjelasan mengenai empat dimensi adaptabilitas karier secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Adaptabilitas Karier dari Savickas (2005:53).

Career Question	Do I have a future?	Who owns my future?	What do I want to do with my future?	Can I do it?
Career Problem	Indifference	Indecision	Unrealism	Inhibition
Adaptability Dimension	Concern	Control	Curiosity	Confidence
Attitudes and Beliefs	Planful	Decisive	Inquisitive	Efficacious
Competence	Planning	Decision making	Exploring	Problem solving
Coping Behaviors	Aware Involved Preparatory	Assertive Disciplined Willful	Experimenting Risk-taking Inquiring	Persistent Striving Industrious
Relationship Perspective	Dependent	Independent	Interdependent	Equal
Career Intervention	Orientation exercises	Decisional training	Information-seeking activities	Self-esteem building

Perhatian merupakan dimensi pertama dan yang paling utama dalam adaptabilitas karier. Perhatian terhadap karier secara esensial merupakan sebuah orientasi untuk mempersiapkan masa depan (Savickas, 2005:52). Orientasi menuntut seseorang untuk menjadi lebih menyadari dan mengenali masa depan yang ingin dicapai dirinya (Savickas, 1997:256). Menurut teori ABC, kompetensi utama yang berhubungan dengan perhatian adalah perencanaan. Kompetensi yang berkaitan dengan perencanaan dapat dipelajari untuk meningkatkan adaptabilitas karier (Savickas, 1997:256). Perhatian mengenai karier masa depan tidak hanya ditunjukan dengan kepedulian, namun juga dengan keterlibatan langsung pada kegiatan yang berguna untuk mempersiapkannya (Negru-Subtirica dkk., 2015:132).

Dimensi kedua adaptabilitas karier adalah kontrol. Dimensi kontrol berkaitan dengan pengendalian diri dalam usaha untuk mencapai karier yang direncanakan. Kontrol muncul karena individu merasa dan percaya bahwa dirinya bertanggung jawab terhadap karier masa depan yang akan dicapai (Savickas, 2005:54). Menurut Savickas perilaku yang menunjukan kontrol diri antara lain ketegasan, disiplin, dan kemauan. Ada tiga komponen kontrol, yaitu disiplin diri, otonomi, dan tanggungjawab ketika mengambil keputusan (Negru-Subtirica dkk., 2015:132). Pendapat Negru-Subtirica dkk. sesuai dengan teori ABC yang menyatakan bahwa kompetensi utama dari kontrol adalah pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan secara tegas dan bertanggung jawab menjadi modal berharga ketika adanya suatu permasalahan dalam pekerjaan. Pengambilan keputusan hendaknya dilakukan secara rasional (Harren, 1979 dalam Savickas, 2005:361) dan tidak bergantung dengan orang lain.

Adanya kontrol diri mendorong individu memiliki keingintahuan yang ditunjukkan dengan belajar mengenai pengetahuan dan tantangan sesuai karier tujuan (Savickas, 2005:55). Belajar dilakukan melalui eksperimen, bertanya, dan kegiatan lain yang bersifat eksplorasi. Eksplorasi merupakan kompetensi utama dari keingintahuan menurut teori ABC. Eksplorasi dilakukan untuk mencari informasi mengenai karier yang dituju. Informasi tersebut menjadi bekal untuk mengembangkan diri melalui belajar agar memiliki kemampuan sesuai dengan karier yang dituju. Sikap utama yang harus dimiliki ketika belajar adalah keberanian dalam mengambil risiko, baik berupa kesalahan maupun kegagalan. Keingintahuan terhadap karier tujuan merupakan bentuk orientasi kearah eksplorasi mengenai kesesuaian dirinya dengan dunia kerja (Negru-Subtirica dkk., 2015:132).

Dimensi terakhir adaptabilitas karier adalah kepercayaan. Percaya terhadap suatu kemampuan dan tindakan dirinya sebagai langkah antisipasi ketika berhadapan dengan masalah atau penanggulangan rintangan (Negru-Subtirica dkk., 2015:132). Menurut teori karier ABC kompetensi utama dalam kepercayaan adalah pembangunan sikap harga diri. Kepercayaan terhadap diri dapat direfleksikan melalui perilaku gigih atau tidak mudak menyerah, bekerja keras, dan rajin. Menurut teori pembangun karier kepercayaan merupakan perasaan mengenai efikasi diri terhadap kemampuan yang dimiliki untuk memilih pendidikan dan pekerjaan yang pantas (Savickas, 2005:56). Efikasi diri yaitu keyakinan seseorang pada kemampuan untuk mengatur dan melaksanakan tindakan pada situasi yang memiliki prospek (Bandura, 1995:2).

Sesuai dengan pendapat para ahli, maka dapat disimpulkan adaptabilitas karier adalah suatu bentuk kesiapan seseorang dalam menghadapi perubahan yang terjadi saat menjalani karier. Perubahan meliputi transisi karier, cara bekerja maupun dinamika yang terjadi dalam lingkungan. Elektro sebagai bidang yang selalu berkembang seiring dengan kemajuan teknologi menuntut adanya kemampuan adaptabilitas karier pekerja. Bahaya dan risiko kerja yang ada akan berubah sering pergantian cara kerja. Hal ini menuntut adanya prosedur yang lebih sesuai untuk menangani perubahan bahaya dan risiko kerja agar lebih efektif serta efisien dalam pelaksanaannya.

Adaptabilitas karier seseorang tercermin melalui perhatian, kontrol, pengambilan risiko, dan kepercayaan. Keempatnya berkembang sesuai dengan pengalaman yang dimiliki seseorang dan menunjukkan tingkat adaptabilitas karier. Perhatian adalah bagian terpenting dari adaptabilitas karier. Perhatian merujuk pada kepedulian untuk beradaptasi ketika adanya perubahan. Perhatian ditunjukkan melalui sikap kontrol diri untuk bisa menjalankan (mengerjakan) tugas yang ada. Tugas yang ada terkadang menuntut adanya keberanian untuk melakukan inovasi guna menyelesaikannya. Kepercayaan terhadap diri untuk menyelesaikan tugas dan berinovasi diperlukan sebagai upaya menjaga motivasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berjenis *ex-post* facto dengan desain korelasional. Penelitian ini termasuk dalam pendekatan kuantitatif dan menggunakan teknik analisis faktor konfirmatori / *Confirmatory factor Analysis* (CFA). Data diperoleh melalui pendekatan kuantitatif, berbentuk angka yang diolah secara statistik dan hasilnya dideskripsikan. Teknik analisis faktor konfirmatori bertujuan untuk membuktikan model yang dibangun konstrak sesuai dengan teori yang dikembangkan para ahli dan data lapangan.

Penelitian dilakukan pada mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun akademik 2015/2016. Penelitian dikerjakan bulan Agustus sampai dengan November 2015. Penelitian dilakukan pada semester gasal tahun akademik 2015/2016.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik sampling bertujuan (*purposive sampling*), yang merupakan bagian dari *nonprobability sampling*. Jumlah sample yang ikut serta dalam penelitian 146 mahasiswa. Faktor yang berpengaruh pada ukuran sampel adalah penggunaan metode estimasi dan kompleksitas model yang dibangun dalam penelitian. Jumlah sampel yang sesuai untuk metode estimasi taksiran maksimal / *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dan penggunaan 3 konstrak dalam penelitian yaitu antara 100 – 150 (Usman, 2014).

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan teknik nontes melalui kuesioner. Instrumen pengukuran adaptabilitas karier diukur dengan instrumen CAAS (*Career Adapt-Abilities Scale*) (Savickas dan Porfeli, 2012) yang telah dikembangkan sesuai kebutuhan. CAAS memiliki empat dimensi (perhatian, kontrol, keingintahuan, dan kepercayaan) yang menunjukan proses. Jawaban yang disajikan dalam instrumen penelitian disusun dengan menggunakan skala likert. Jawaban dalam bentuk deskriptif ditransformasikan menjadi

angka untuk mempermudah proses analisis. Lima jawaban disajikan dalam penelitian ini, yaitu sangat setuju/selalu (5), setuju/sering (4), ragu/pernah (3), kurang setuju/jarang (2) dan tidak setuju/tidak pernah (1). Penyekoran item dilakukan sesuai dengan tanda kurung pada tiap respon. Item yang berisi pernyataan negatif diberi skor terbalik. Rancangan kisi-kisi instrumen adaptabilitas karier disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Adaptabilitas Karier dari Savickas (2005:53).

Faktor	Indikator
Perhatian	Sadar, Terlibat dan Persiapan
Kontrol	Tegas, Disiplin dan Kemauan
Keingintahuan	Eksperimen, pengambilan risiko
Kepercayaan	Gigih, Bekerja keras dan Rajin

Ada dua asumsi utama yang harus dipenuhi dalam penggunaan analisis faktor konfirmatori, yaitu normalitas multivariat dan multikolinieritas. Deteksi terhadap pencilan (*outlier*) yang menyebabkan ketidaknormalan data diperlukan sebelum uji normalitas dilakukan. Pencilan multivariat dideteksi melalui perhitungan statistik jarak mahalonobis kuadrat. Jika taraf signifikansi / nilai p dari uji mahalanobis kuadrat kurang dari 0,001 maka responden dianggap sebagai pencilan (Hair, dkk., 2014:135; Usman, 2014:135) dan dihapus. Uji normalitas dan deteksi pencilan dilakukan secara bertahap dengan menghapus responden yang terbukti sebagai pencilan satu persatu.

Penelitian ini lebih menekankankan terpenuhinya asumsi normalitas multivariat dibanding univariat. Normalitas univariat akan terpenuhi dengan jika sudah memenuhi kriteria normalitas multivariat, namun tidak berlaku hal sebaliknya (Hair, dkk., 2014:69). Normalitas multivariat sudah mencakup asumsi homoskedastisitas dan linieritas (Usman, 2014:131), sehingga pengujian kedua asumsi tersebut bisa ditiadakan. Normalitas data penelitian digunakan untuk menentukan teknik estimasi yang akan digunakan untuk mengestimasi parameter yang dalam model. Jika asumsi normalitas multivariat terpenuhi, maka digunakan teknik estimasi *maximum likelihood* (MLE) (Hair, dkk., 2014:575). Metode estimasi *General Least Square* (GLS) dipakai ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas (Ghozali dan Fuad, 2014:34). Uji normalitas multivariat dapat dilakukan dengan menghitung harga kritis koefisien multivariat yang merupakan perbandingan antara koefisien kurtosis multivariat dengan kesalahan baku / *standar error* (SE). Data suatu konstrak penelitian dianggap memenuhi kriteria normalitas multivariat jika harga kritis koefisien multivariat kurang dari harga kritis z (Usman, 2014:147).

Multikolinieritas antar konstrak dapat dideteksi melalui koefisien korelasi. Multikolieritas terjadi jika suatu konstrak mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi, sebagai acuan dalam penelitian ini digunakan 0,8 (Usman, 2014:132). Korelasi antar konstrak yang lebih besar daripada 0,8 mengindikasikan adanya multikolinieritas.

Terdapat tiga validitas konvergen yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu muatan faktor, nilai rerata varians terekstrak (*average variance extracted* / AVE), dan reliabilitas konstrak (*construct reliability* / CR) (Hair, dkk., 2014:618). Berdasarkan pendapat hair, dkk. tersebut reliabilitas dan validitas adalah satu kesatuan, reliabilitas merupakan bagian dari validitas konvergen. Kriteria muatan faktor terstandar yang digunakan sebagai batasan kriteria minimum adalah 0,3 (Bordens dan Abbot, 2011;474). Validitas suatu item pengukuran juga ditunjukkan oleh nilai C.R. (*critical ratio*) dan taraf signifikasi jalur tak standar. Nilai C.R. merupakan nilai dari t hitung pada pengujian hipotesis. Taraf signifikansi yang digunakan adalah 5%, yang berarti sama dengan nilai t tabel 1,96. Item akan dihapus jika tidak memenuhi kriteria muatan jalur minimum yang telah ditentukan. Penghapusan item dilakukan satu per satu dari yang paling paling rendah, mengingat perubahan muatan faktor akan terjadi saat salah satu item dihapus. Kriteria minimal nilai rerata varians terekstrak adalah 0,5 dan reliabilitas konstrak 0,6 (Hair, dkk., 2014:619).

Kecocokkan model pengukuran yang dibangun dengan data penelitian dapat diukur

dengan dengan indeks kecocokkan / *Goodness of Fit* (GOF). Kecocokkan secara menyeluruh (*overall fit*) dapat ditunjukkan melalui penggunaan beberapa kriteria indeks yang ada. Ada tiga indeks kecocokkan yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti saran Hair, dkk. yaitu χ^2 (khai-kuadrat), CFI (*Comparative Fit Index*) dan RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*) (Hair, dkk., 2014:630). Model pengembangan teori dianggap cocok dengan data penelitian jika Nilai signifikansi dari $\chi^2 > \alpha$ (5%), CFI>0,9 dan RMSEA<0,08 (Hair, dkk., 2014:578-580). Indeks kecocokkan menyatakan tingkat kesesuaian model yang dibangun secara keseluruhan. Jadi, indeks kecocokkan suatu model tidak dapat digunakan untuk memberi penafsiran pada bagian tertentu. Indeks kecocokkan menunjukan kesesuaian data penelitian dengan model yang dikembangkan sehingga dapat digunakan untuk membuktikan kebenaran suatu teori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis faktor konfirmatori orde kedua digunakan untuk validasi item terhadap faktor dan konstrak adaptabilitas karier. Uji prasyarat analisis dilakukan untuk mengetahui keberadaan pencilan, normalitas, dan multikolinieritas data. Hasil uji prasyarat konstrak adaptabilitas karier selengkapnya dapat dilihat pada lampiran enam.

Uji Prasyarat Analisis

Berdasarkan hasil hitung jarak mahalanobis kuadrat, ada 11 responden terdeteksi sebagai pencilan. 11 responden yang masuk dalam kategori pencilan dihapus. Nilai C.R. normalitas multivariat 10,048 berada diatas 2,58, berarti bahwa hipotesis awal yang menyatakan data penelitian konstrak adaptabilitas karier berdistribusi normal ditolak. Jadi, data penelitian konstrak adaptabilitas karier berdistribusi tidak normal. Metode GLS digunakan untuk memperoleh nilai parameter yang perlu diestimasi dalam analisis faktor konfirmatori konstrak adaptabilitas karier karena asumsi normalitas tidak terpenuhi.

Uji multikolinieritas digunakan untuk mendeteksi adanya korelasi yang tinggi antar item penelitian konstrak adaptabilitas karier. Matriks korelasi antar item digunakan sebagai sarana uji multikolinieritas. Nilai korelasi anter item tidak ada yang lebih besar daripada 0,9, sehingga dapat diambil kesimpulan tidak ada multikolinieritas antar item yang terjadi pada konstrak adaptabilitas karier.

Hasil Analisis Faktor Konfirmatori

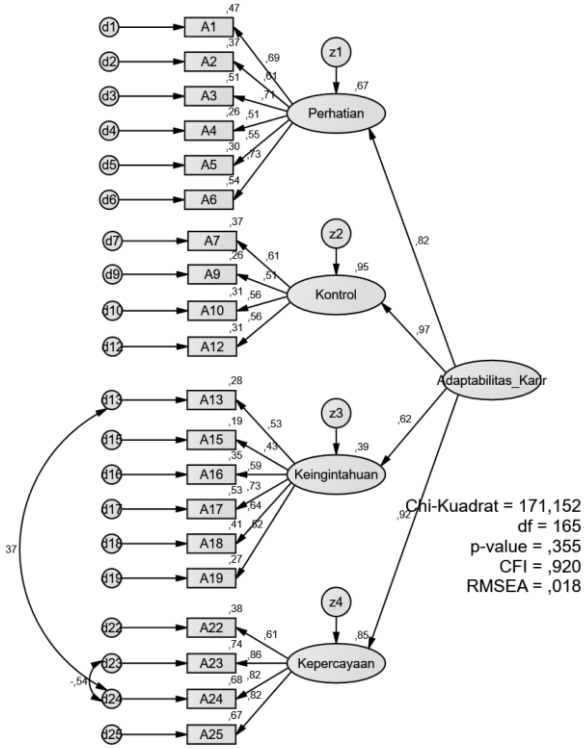
Diagram jalur hasil analisis faktor konfirmatori orde kedua konstrak adaptabilitas karier dapat ditunjukkan pada Gambar 1. Terdapat korelasi antara kesalahan pengukuran d13 dan d24 sebagai hasil modifikasi dari model adaptabilitas karier. Item A13 membahas tentang pencarian informasi sumber bahaya dengan menjelajahi lingkungan dan item A24 tentang belajar keterampilan baru yang mendukung karier. Pencarian sumber bahaya dengan menjelajahi lingkungan merupakan bentuk belajar hal baru (Savickas, 2005:55).

Pengujian hipotesis kecocokkan model secara keseluruhan dengan data penelitian dilakukan dengan χ^2 171,152 (p=0,355), CFI 0,920 dan RMSEA 0,018. Ketiga nilai indeks kecocokkan model menunjukkan bahwa model konstrak adaptabilitas karier yang dikembangkan secara teoritis cocok dengan data yang diperoleh di lapangan. Berdasarkan hasil tersebut maka model adaptabilias karier yang dikembangkan dalam penelitian dapat diterima (*fit*).

Diterimanya model pengukuran adaptabilitas karier yang diajukan juga didukung oleh muatan faktor butir, koefisien jalur, nilai t dan taraf signifikansi pada orde pertama yang selengkapnya disajikan pada tabel 3. Muatan faktor pada pada tiap butir dengan faktor yang diukurnya bervariasi dari yang terkecil 0,431 untuk butir A15 hingga yang terbesar 0,863 untuk butir A23. Semua muatan faktor pada orde pertama sudah lebih besar dari ketentuan 0,3, sehingga tiap butir pengukur dapat dikatakan dapat mempresentasikan faktor yang diukurnya dengan tepat. Nilai pada muatan faktor tiap butir dapat ditafsikan bahwa jika nilai butir naik atau turun sebesar satu satuan maka nilai dari faktor yang diukurnya juga akan mengalami kenaikan atau penurunan sesuai simpangan bakunya.

Pengujian hipotesis pengaruh tiap butir dalam mengukur faktornya dilakukan dengan

melihat nilai t ataupun taraf signifikansinya. Taraf signifikansi pada tiap butir orde pertama sudah lebih kecil dari 5% dan nilai t sudah lebih besar dari 1,96. Hal ini berarti bahwa tiap butir memiliki pengaruh yang signifikan dalam mengukur faktornya.



Gambar 1. Diagram Jalur Hasil Analisis Faktor Konfirmatori Adaptabilitas Karier.

Koefisien determinasi tiap butir terhadap faktor pengukurnya bervariasi dari yang terkecil 18,6% pada butir A10 hingga yang terbesar 74,4% pada butir A3. Koefisien determinasi pada tiap butir dapat diberi penjelasan bahwa besarnya persentase yang dapat diukur melalui butir tersebut sesuai dengan koefisien determinasi, sisanya adalah hal lain diluar butir tersebut.

Nilai koefisien reliabilitas konstrak pada faktor perhatian, kontrol, keingintahuan, dan kepercayaan yang dipaparkan pada Tabel 5 juga sudah diatas 0,6. Namun, nilai varian terekstrak pada keempat faktor perhatian, kontrol, dan keingintahuan masih dibawah 0,5. Berdasarkan nalai yang didapat pada analisis faktor konfirmatori orde pertama, maka validitas tiap butir dalam mengukur faktor dari adaptabilitas karier tergolong sudah cukup baik.

Muatan faktor dan koefisien jalur konstrak adaptabilitas karier sudah memenuhi kriteria minimal 0,3, bernilai positif, dan signifikan (nilai p < 0,050). Koefisien determinasi item tersebar dari yang terkecil 18,6% (item A15) dan terbesar 74,4% (item A23).

Muatan faktor pada pada tiap faktor dengan konstrak adaptabilitas karier bervariasi dari yang terkecil 0,622 untuk faktor keingintahuan hingga yang terbesar 0,972 untuk faktor kontrol. Semua muatan faktor pada orde kedua sudah lebih besar dari ketentuan 0,3, sehingga tiap faktor pengukur dapat dikatakan dapat mempresentasikan konstrak adaptabilitas karier dengan tepat. Nilai pada muatan faktor dapat ditafsikan bahwa jika nilai faktor naik atau turun sebesar satu satuan maka nilai dari adaptabilitas karier juga akan mengalami kenaikan atau penurunan sesuai simpangan bakunya.

Tabel 3. Koefisien Jalur, Muatan Faktor, Nilai P Adaptabilitas Karier Aanalisis Faktor Orde Pertama.

Faktor / Item	Koefisien Jalur	Muatan Faktor	Nilai t	Taraf signifikansi	Koefisien Determinasi	Keterangan
A1	1,000	0,688			,674	Valid
A2	,837	0,610	5,397	***	,675	Valid
A3	1,207	0,711	5,572	***	,744	Valid
A4	,624	0,508	3,744	***	,377	Valid
A5	,689	0,549	4,480	***	,269	Valid
A6	,976	0,732	5,323	***	,411	Valid
A7	1,000	0,607			,532	Valid
A9	,966	0,510	3,575	***	,350	Valid
A10	,870	0,560	3,688	***	,186	Valid
A12	,869	0,558	4,180	***	,281	Valid
A13	1,000	0,530			,311	Valid
A15	,937	0,431	3,189	,001	,313	Valid
A16	1,594	0,591	3,270	,001	,260	Valid
A17	1,937	0,730	3,881	***	,369	Valid
A18	1,438	0,641	3,933	***	,536	Valid
A19	,975	0,519	3,395	***	,302	Valid
A22	1,000	0,614			,258	Valid
A23	1,559	0,863	6,230	***	,506	Valid
A24	1,412	0,822	5,838	***	,372	Valid
A25	1,299	0,821	5,984	***	,473	Valid

Tabel 4. Koefisien Jalur, Muatan Faktor, Nilai P Adaptabilitas Karier Analisis Faktor Orde Kedua.

Faktor / Item	Koefisien Jalur	Muatan Faktor	Nilai t	Taraf signifikansi	Koefisien Determinasi	Keterangan
Perhatian	1,000	0,818			,846	
Kontrol	1,056	0,972	4,701	***	,387	Valid
Keingintahuan	,545	0,622	3,058	,002	,945	Valid
Kepercayaan	,886	0,920	4,338	***	,670	Valid

Pengujian hipotesis pengaruh tiap faktor terhadap konstrak adaptabilitas karier dilakukan dengan melihat nilai t ataupun taraf signifikansinya. Taraf signifikansi pada tiap faktor orde kedua sudah lebih kecil dari 5% dan nilai t sudah lebih besar dari 1,96. Hal ini berarti bahwa tiap faktor memiliki pengaruh yang signifikan dalam mengukur konstrak adaptabilitas karier.

Koefisien determinasi untuk faktor kontrol, kepercayaan, perhatian, dan keingintahuan secara berurutan adalah 94,5%, 84,6%, 67%, dan 38,7%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa proporsi varian faktor kontrol yang dapat dijelaskan oleh item pengukurnya sebesar 94,5%. Begitu juga dengan proporsi varian faktor kepercayaan, perhatian, dan keingintahuan yang dapat dijelaskan oleh item pengukurnya sebesar 84,6%, 67%, dan 38,7%.

Nilai koefisien rerata varian terekstrak dan reliabilitas konstrak adaptabilitas karier selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5. Semua nilai reliabilitas konstrak adaptabilitas karier tesudah berada diatas kriteria minimum (CR>0,6). Nilai koefisien rerata varians

terekstrak pada orde pertama masih berada dibawah kriteria 0,5, hanya faktor kepercayaan yang memenuhi kriteria nilai rerata varians terekstrak diatas 0,5. Nilai koefisien rerata varians terekstrak untuk orde kedua yang ditunjukkan melalui konstrak adaptabilitas karier sudah berada diatas 0,5. Hal ini menunjukkan bahwa model sudah memiliki reliabilitas dan dapat merepresentasikan konstrak adaptabilitas karier bidang elektro dengan baik.

Tabel 5. Perhitungan Indeks Rerata Varians Terekstrak dan Reliabilitas Konstrak Adaptabilitas Karier.

Konstrak	Rerata Varians Terekstrak	Reliabilitas Konstrak
Adaptabilitas karier	0,712	0,906
Perhatian	0,408	0,802
Kontrol	0,313	0,645
Keingintahuan	0,338	0,749
Kepercayaan	0,618	0,864

Hasil analisis yang telah dilakukan pada data penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan instrumen adaptabilitas karier yang telah dikembangkan secara teoritis dan empiris telah terbukti valid. Jumlah item akhir dari hasil analisis sebanyak 20 item. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah menguji validitas adaptabilitas karier pada 13 negara (Savickas dan Porfeli, 2012).

SIMPULAN

Instrumen adaptabilitas kerier bidang kelistrikan yang telah disusun melalui kajian teoritis dan uji coba empiris terbukti valid. Adaptabilitas karier bidang kelistrikan dapat terukur melalui empat faktor, yaitu perhatian, kontrol, kengintahuan, dan kepercayaan. Keempat faktor dapat diwakili oleh 20 butir kuesioner. Bukti validitas diperoleh melalui analisis sistem konfirmatori orde kedua.

Saran

Instrumen yang telah diuji validitasnya ini dapat digunakan untuk mengukur adaptabilitas kerier bidang kelistrikan. Khususnya untuk mengukur adaptabilitas karier dari peserta didik / siswa / mahasiswa / peserta diklat pada bidang kelistrikan. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan validasi silang pada sampel yang lebih beragam.

Guna meningkatkan adaptabilitas karier bagi peserta didik pada khususnya maupun pihak lain, maka penyusunan program pembelajaran dapat dilakukan dengan fokus pada aktifitas untuk memperkuat perhatian, kontrol, keingintahuan, dan kepercayaan. Peningkatan adaptabilitas karier melalui memperkuat perhatian, kontrol, keingintahuan, dan kepercayaan juga dapat diterapkan instansi lain, seperti perusahaan maupun lembaga lainnya. Selain itu, faktor perhatian, kontrol, keingintahuan, dan kepercayaan dapat digunakan untuk meningkatkan adaptabilitas karier diri secara individu.

DAFTAR RUJUKAN

Hair Jr, J. F. et. al. (2014). *Multivariate data analysis seventh edition*. Essex: Pearson Education Limited 2014.

Negru-Subtirica, O., Pop, E. I., & Crocetti, E. (2015). Developmental trajectories and reciprocal associations between career adaptability and vocational identity: A three-wave longitudinal study with adolescents. *Journal of Vocational Behavior*, 88, 131-142. http://doi.org/5xm

Rottinghaus, Patrick Joseph, "Assessing career optimism and adaptability: toward the construct validation of the Career Futures Inventory " (2004). *Retrospective Theses and Dissertations.* Paper 1120. http://lib.dr.iastate.edu/rtd/1120.

Savickas, M. L. (1997), Career Adaptability: An Integrative Construct for Life-Span, Life-Space Theory. The Career Development Quarterly, 45: 247–259. http://doi.org/fx6bxg

Savickas, M. L. (2005). The theory and practice of career construction. In S. D. Brown, & R.W. Lent (Eds.), *Career development and counseling* (pp. 42–

70). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Savickas, M. L., & Porfeli, E. J. (2012). Career Adapt-Abilities Scale: Construction, reliability, and measurement *equivalence* across 13 countries. *Journal of Vocational Behavior*, 80(3), 661-673. http://doi.org/fx73kg

Soresi, S., Nota, L., & Ferrari, L. (2012). Career Adapt-Abilities Scale-Italian Form: Psychometric properties and relationships to breadth of *interests*, quality of life, and perceived barriers. *Journal of Vocational Behavior*, 80(3), 705-711. http://doi.org/625

Spurk, D., Kauffeld, S., Meinecke, A. L., & Ebner, K. (2015). Why Do Adaptable People Feel Less Insecure? *Indirect* Effects of Career Adaptability on Job and Career Insecurity via Two Types of Perceived Marketability. *Journal of Career Assessment*, 1-18. http://doi.org/5xk

Super, D. E., & Knasel, E. G. (1981). Career development in adulthood: Some theoretical problems and a possible solution. *British Journal of Guidance and Counselling*, 9(2), 194-201. http://doi.org/d7m5zf

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. San Fransisco: John *Wiley* & Sons, Inc.

Van Vianen, A. E., Klehe, U. C., Koen, J., & Dries, N. (2012). Career adapt-abilities scale—Netherlands form: Psychometric properties and relationships to ability, personality, and regulatory focus. *Journal of Vocational Behavior*, 80(3), 716-724. http://doi.org/fxt6rw

PENINGKATAN AKTIVITAS BELAJAR MAHASISWA DALAM PERKULIAHAN METODOLOGI PENELITIAN PENDIDIKAN

Sunaryo Soenarto[1], Totok Heru Tri Maryadi[2], Yuwono Indro Hatmojo[3], dan Muhfizaturrahmah[4]
[1, 2, 3, 4]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT UNY
[1]E-mail: sunaryos@uny.ac.id
[2]E-mail: totokheru@uny.ac.id
[3]E-mail: yuwono_indro76@uny.ac.id
[4]E-mail: muhfizaturrahmah@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tindakan kelas dengan menerapkan pembelajaran kooperatif tipe jigsaw pada matakuliah Metodoli Penelitian Pendidikan (MPP) bertujuan (1) untuk meningkatkan aktivitas belajar lisan (oral activities), (2) untuk meningkatkan aktivitas mendengarkan (listening activities), dan (3) untuk meningkatkan aktivitas belajar menulis (writing activities). Penelitian Tindakan Kelas (PTK) menerapkan model Kemmis & Taggart dengan pola siklus (1) perencanaan (plan), (2) pelaksanaan dan observasi (act dan observe), serta (3) refleksi (reflect). Teknik pengumpulkan data menggunakan lembar pengamatan (check list). Teknik analisis menggunakan deskriptif kuantitaif Penelitian Tindajan Kelas, pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dengan variasi media pembelajaran dan variasi bahan ajar menyimpulkan: (1) aktivitas belajar lisan (oral activities) mahasiswa dalam perkuliahan MPP meningkatkan lebih dari 60%, (2) aktivitas belajar mendengarkan (listening activities) mahasiswa dalam perkuliahan MPP meningkat mencapai lebih dari 60% , (3) aktivitas belajar menulis (writing activities) mahasiswa dalam perkuliahan MPP meningkat mencapai lebih dari 60%.

Kata kunci: pembelajaran kooperatif, tipe jigsaw

ABSTRACT

Classroom action research by applying jigsaw type co-operative learning to the Research Methodology (MPP) study course aims to (1) to increase oral activities, (2) to increase listening activities, and (3) to increase activity learning writing (writing activities). Classroom Action Research (PTK) applies Kemmis & Taggart model with cycle pattern (1) planning, (2) implementation and observation (act and observe), and (3) reflection. Techniques of collecting data using a check sheet (check list). Analyze techniques using descriptive quantitative research Tindajan Class, jigsaw type cooperative learning with variations of instructional media and variation of teaching materials concluded: (1) oral activities of students in MPP lectures increase more than 60%, (2) listening learning activities (listening activities) of students in MPP lectures increased to more than 60%, (3) writing activities of students in MPP lectures increased to over 60%.

Keywords: *Cooperative Learning, Jigsaw Type*

PENDAHULUAN

Dalam kurikulum 2006 dan kurikulum 2014, mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan Program Studi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta merupakan mata kuliah yang wajib diambil oleh setiap mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro S1. Perkuliahan mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan secara regular ditawarkan di semester enam. Kompetensi dasar yang diharapkan dicapai mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan meliputi: a) menjelaskan pengertian dan pentingnya penelitian, b) memberi contoh masalah untuk setiap jenis penelitian, c) mengidentifikasi jenis variabel penelitian, d) merancang kajian teori sesuai dengan variabel yang diteliti atau akan diukur, e) menerapkan etika dalam penulisan kajian teori dan

pustaka, f) memberi contoh penerapan teknik sampling random dan non random, g) menyusun contoh instrumen penelitian dengan berbagai skala pengukuran, h) menetapkan teknik analisis data yang tepat untuk berbagai jenis penelitian, i) menginterpretasikan hasil analisis data penelitian dan membahasnya, serta j) menyusun usulan penelitian skripsi. Dari kesepuluh kompetensi dasar mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan secara eksplisit menggambarkan kompetensi ranah kognitif, sedang kompetensi ranah afektif belum tergambarkan, serta kemampuan mengkomunikasikan gagasan belum terdesain dalam rangcangan perkuliahan.

Perkuliahan Metodologi Penelitian Pendidikan yang berlangsung selama ini, rata-rata disajikan dengan pendekatan Teacher-Centered Learning melalui metode ceramah atau metode tanya jawab dengan variasi menggunakan media pembelajaran. Dosen berperan aktif menyampaikan materi/bahan ajar, sementara mahasiswa dikondisikan untuk belajar pasip. Cara belajar mahasiswa yang terkondisi pasip tentunya sudah tidak relevan untuk mahasiswa semester enam. Mahasiswa tingkat akhir sudah selayaknya, setiap dosen membudayakan aktivitas belajar mahasiswa higher thingking. Dengan membudayakan aktivitas belajar higher thingking, secara langsung dosen turut mengembangkan learning outcome lulusan Pendidikan Teknik Elektro.

Berdasarkan data empirik perkuliahan tahun 2014/2015, distribusi hasil belajar Metodologi Penelitian Pendidikan sebagai berikut: A = 6,25%, A- = 10,42%, B+ = 25,00%, B = 10,42%, B- = 8,33%, C+ = 18,75%, C = 14,58%, dan D = 6,25%. Secara umum menjelaskan bahwa dari 174 mahasiswa kemampuan kognitif dalam rentang nilai B sd. A sebesar 52,08%, sedangkan kemampuan kognitif mahasiswa yang belum berhasil mencapai nilai B sebesar 47,97%. Aktivitas belajar mendengarkan, menulis, lisan (mengkomunikasikan gagasan), dan aktivitas belajar emosi belum terjawab atau terjelaskan.

Secara kontekstual, higher thingking capaian pembelajaran mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan untuk membekali mahasiswa mampu memformulakan konsep metodologi penelitian dengan wawasan pendidikan, mampu membangun etika meneliti, serta mampu menyajikan gagasan/pemikiran dalam bentuk lisan, tertulis, dan mengkomunikasikan penelitian secara baik. Untuk itu, desain model perkuliahan harus dapat mendorong dan mengimplementasikan aktivitas belajar secara optimal

Pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa menggambarkan strategi-strategi pembelajaran di mana dosen lebih memfasilitas daripada harus mengajar langsung (McCombs & Miller, 2007). Dalam pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa, dosen secara sadar menempatkan perhatian yang lebih banyak pada keterlibatan, inisiatif, dan interaksi sosial mahasiswa. Tujuan strategi-strategi pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa mencakup hal-hal berikut ini (Jacobsen, 2009):

a. Pengembangan proses-proses kemampuan berkomunikasi, seperti sikap toleran terhadap pandangan-pandangan yang tidak sependapat dengannya, mampu bekerja dalam kelompok, dan sikap kritis terhadap pendapatnya dan pedapat orang lain.
b. Pengembangan pemahaman yang mendalam tentang topik, seperti mengidentifikasi hubungan antara satu fakta/konsep dengan fakta/konsep lainnya.
c. Pengembangan kemampuan penelitian dan pemecahan masalah.

O'Neill, Geraldine and Tim McMahon (2005) sependapat dengan Oemar Hamalik (2004) bahwa "...*student–centred learning as focusing on the students' learning and what students do to achieve this, rather than what the teacher does*". Pendapat O'Neill menjelaskan tentang kegiatan pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa. Mahasiswa belajar dari apa yang dilakukan bukan dari apa yang disampaikan dosen. Pendekatan pembelajaran yang berpusat kepada mahasiswa merupakan sistem pembelajaran yang menunjukkan dominasi mahasiswa selama kegiatan pembelajaran, dan dosen

hanya sebagai fasilitator, pembimbing dan pemimpin.

Pendekatan pembelajaran yang berfokus pada mahasiswa, antara lain: a) pendekatan belajar aktif yang mengasumsikan belajar hanya terjadi jika mahasiswa belajar aktif terlibat secara optimal baik secara intelektual, emosional, maupun fisik, dan b) pendekatan konstruktivistik, yang mengasumsikan bahwa mahasiswa harus diberi kebebasan dalam membangun makna berdasarkan pengalaman belajar yang sudah dimiliki.

Prinsip-Prinsip Pembelajaran yang Berpusat pada Mahasiswa

Bagaimana pendekatan pembelajaran yang anda lakukan? Berpusat pada dosen (teacher-centered)? Ataukah berpusat pada mahasiswa (*student-centered*)? Diskusi berbagai dosen dengan latar belakang berbagai bidang studi, sebenarnya tidak mempermasalahkan, apakah pendekatan pembelajaran yang dilakukan oleh dosen berpusat pada mahasiswa ataukah berpusat pada dosen. Ini tergantung materi apa yang sedang dosen ajarkan kepada mahasiswa. Karakteristik konten (materi ajar) sangat berpengaruh pada penggunaan model atau metode pembelajaran yang digunakan. Misalnya saja, dosen pendidikan vokasi yang mengajar praktik memparalel generator dengan jaringan PLN, maka dosen lebih banyak mendemonstrasikan mensinkronkan dua sumber listrik. Dengan pertimbangan kesalahan prosedur mensinkronkan dua sumber listrik akan berpengaruhkan pada resiko kerusakan peralatan atau perubahan karakteristik dari generator menjadi motor, tentu akan membahayakan sistem kelistrikan. Untuk pengelolaan strataegi perkuliahan awal, pembelajaran berpusat pada dosen (mendemonstrasikan), selanjutnya diikuti pembelajaran berpusat pada mahasiswa (bereksperimen dengan pembimbingan dan supervisi dosen). Seperti sudah dipaparkan, sebagian besar sekuen pembelajaran seharusnya berpusat pada mahasiswa. Hal ini erat kaitannya dengan prinsip konstruktivisme dalam pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, pendekatan yang berpusat kepada mahasiswa adalah suatu pendekatan pembelajaran di mana pusat perhatian ada pada mahasiswa.

Beberapa prinsip pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa, yaitu:

a. Proses pembelajaran
b. Tujuan pembelajaran proses itu penting
c. Mahasiswa membangun pengetahuannya
d. Motivasi belajar
e. Berpikir tingkat tinggi
f. Perbedaan gaya belajar
g. Kultur sosial di dalam kelas

Pembelajaran kooperatif merupakan model pembelajaran yang mengutamakan adanya kerjasama, yakni kerjasama antara mahasiswa dalam kelompok untuk mencapai tujuan pembelajaran (Johnson & Johnson, 1987). Para mahasiswa dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil dan diarahkan untuk mempelajari materi pelajaran yang telah ditentukan. Tujuan pembelajaran kooperatif adalah untuk membangkitkan interaksi yang efektif diantara anggota kelompok melalui diskusi. Dalam hal ini sebagian besar aktivitas pembelajaran berpusat pada mahasiswa, yakni mempelajari materi pelajaran, berdiskusi untuk memecahkan masalah (tugas). Dengan interaksi yang efektif dimungkinkan semua anggota kelompok dapat menguasai materi pada tingkat yang relatif sejajar. Pembelajaran kooperatif memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

a. Mahasiswa belajar dalam kelompok, produktif mendengar, mengemukakan pendapat, dan membuat keputusan secara bersama.
b. Kelompok mahasiswa terdiri dari mahasiswa-mahasiswa yang memiliki kemampuan tinggi, sedang dan rendah.
c. Jika dalam kelas, terdapat mahasiswa-mahasiswa yang terdiri dari beberapa ras, suku, budaya, jenis kelamin yang berbeda, maka diupayakan agar dalam tiap kelompokpun terdiri dari ras, suku, budaya, jenis kelamin yang berbeda pula,
d. Penghargaan lebih diutamakan pada kerja kelompok daripada perorangan.

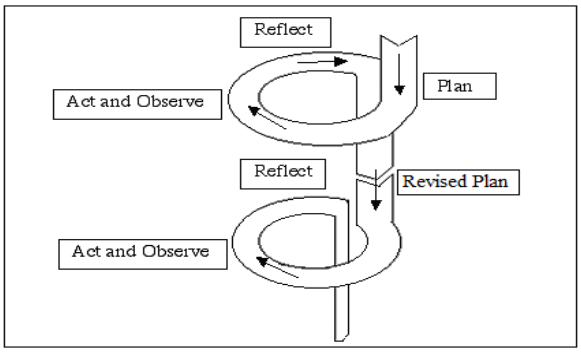
Pembelajaran kooperatif memiliki ciri-ciri yaitu a) Mahasiswa belajar dalam

kelompok, produktif mendengar, mengemukakan pendapat, dan membuat keputusan secara bersama. b) Kelompok mahasiswa terdiri dari mahasiswa-mahasiswa yang memiliki kemampuan tinggi, sedang dan rendah, c) Jika dalam kelas, terdapat mahasiswa-mahasiswa yang terdiri dari beberapa ras, suku, budaya, jenis kelamin yang berbeda, maka diupayakan agar dalam tiap kelompokpun terdiri dari ras, suku, budaya, jenis kelamin yang berbeda pula, dan d) Penghargaan lebih diutamakan pada kerja kelompok daripada perorangan.

Selanjutnya Pengeloaan pembelajaran dengan menggunakan strategi pembelajaran kooperatif, paling tidak ada tiga tujuan yang hendak dicapai, yaitu :a) Hasil belajar akademik, b) Pengakuan adanya keragaman, dan c) Pengembangan keterampilan sosial.

Kemudian Paul B. Diedrich (dalam Nasution, 2000:91) membuat suatu daftar yang berisi tentang macam kegiatan mahasiswa yang dapat digolongkan sebagai berikut aktivitas belajar, yaitu: 1) *visual activities*, 2) *oral activities*, 3) *listening activities*, 4) *writing activities*, 5) *drawing activities*, 6) *mental activities*, 7) *motor activities*, dan 8) *emotional activities*. Aktivitas belajar *visual activities* meliputi: membaca, memperhatikan gambar, demonstrasi, percobaan, pekerjaan orang lain. Aktivitas belajar *Oral activities* diantaranya: menyatakan, merumuskan, bertanya, memberikan saran, mengeluarkan pendapat, mengadakan wawancara, diskusi, interupsi. Aktivitas belajar *listening activities*, seperti: mendengarkan penjelasan, percakapan, diskusi kelompok, musik, pidato. Aktivitas belajar *writing activities*, seperti: menulis latar belakang masalah, merumuskan masalah, laporan penelitian, angket, menyalin. Aktivitas belajar *drawing activities*, misalnya: menggambar, membuat grafik histogram, peta, diagram, pola hubungan variabel. Aktivitas belajar *motor activities*, seperti: melakukan percobaan, melakukan konstruksi, model, mereparasi, bermain. Aktivitas belajar *mental activities*, misalnya: menggali, mengingat, memecahkan soal, menganalisis, melihat hubungan, mengambil keputusan. Aktivitas belajar *emotional activities*, diantaranya: menaruh minat, merasa bosan, gembira, bersemangat, bergairah, berani menyampaian ide, menyampaikan pendapat dengan tenang, gugup.

METODE



Gambar 1. Siklus Penelitian Tindakan Kelas

Salah satu ciri dosen yang efektif adalah bersifat reflektif. Dosen yang demikian selalu belajar dari pengalaman, sehingga dari hari ke hari kemampuan dalam mengelola perkuliahan menjadi semakin baik (Arends, 2002). Merujuk pendapat tersebut, dalam penelitian dengan tujuan untuk meningkatkan derajat aktivitas mahasiswa dalam perkuliahan Metodologi Penelitian Pendidikan menggunakan jenis *Penelitian Tindakan Kelas* (PTK). Adapun siklus PTK yang dirujuk adalah model Kemmis & Taggart. Pola siklus terdiri dari: 1) perencanaan (*plan*), 2) pelaksanaan dan observasi (*act dan observe*), serta 3) refleksi (*reflect*) dan seterusnya berulang siklus setelah perencanaan diperbaikan. Jumlah siklus PTK berhenti saat ketiga hipotesis tindakkan tercapai.

1. Tahap Perencanaan (Plan)

Pada siklus pertama direncanakan dua pertemuan perkuliahan. Pada tahap perencanaan, didesain: a) Perencanaan Pembelajaran Semester (RPS), Satuan Acara Perkuliahan (SAP), b) bahan ajar dan lembar kerja mahasiswa (LKM), dan c) lembar pengamatan aktivitas belajar.

Satuan Acara Perkuliahan MPP **siklus pertama,** didesain menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berbantuan media Liquid Cristal Display (LCD).

Awalnya, Satuan Acara Perkuliahan MPP **siklus kedua** didesain menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berbantuan media Liquid Cristal Display (LCD), file presentasi dan lembar kerja mahasiswa (LKM). Desain SAP awal tersebut, bisa dikembangkan dan ditambahkan sesuai dengan hasil refleksi siklus pertama.

Satuan Acara Perkuliahan MPP **siklus ketiga,** didesain menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berbantuan media Liquid Cristal Display (LCD), file presentasi, lembar kerja mahasiswa (LKM), dan handout. Desain SAP siklus kedua awal tersebut, tidak menutup kemungkinan untuk dikembangkan dan ditambahkan sesuai dengan hasil refleksi siklus kedua. Satuan Acara Perkuliahan MPP siklus pertama, kedua dan ketiga terlampir.

2. Tahap Pelaksanaan dan Observasi (*act dan observe*)

Pada tahap pelaksanaan perkuliahan **siklus pertama,** dosen mempresentasikan materi ajar tentang "Jenis-jenis penelitian" selama 17-20 menit. Dalam presentasi materi ajar, dosen dibantu dengan alat bantu pembelajaran laptop dan LCD proyektor. Kelas dibagi menjadi empat kelompok asal. Kelompok asal diberi notasi: kelompok asal 1, kelompok asal 2, kelompok asal 3, dan kelompok asal 4. Setiap kelompok asal terdiri dari empat kelompok ahli (masing-masing kelompok ahli terdiri dari 4-5 mahasiswa). Keempat kelompok ahli diberi notasi kelompok ahli A, kelompok ahli B, kelompok ahli C, dan kelompok ahli D. Masing-masing kelompok ahli bergabung dan mendiskusikan sub topik seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Topik pada Siklus Pertama

Kelompok	Penelitian				
	Survey	Korelasional	Tindakan Kelas	Eksperimen	Pengembangan
1					
2					
3					
4					

Masing-masing kelompok ahli selama 30 menit mendiskusikan sub topik yang telah ditentukan, dengan tugas menyusun 2 judul penelitian sesuai dengan jenis penelitian yang didiskusikan. Selanjutnya kelompok ahli akan kembali ke kelompok asal untuk menjelaskan jenis-jenis penelitian dan mengerjakan tugas menyusun dua contoh judul penelitian kepada teman lainnya, selama 30 menit. Selanjutnya perwakilan kelompok asal mempresentasikan hasil diskusi selama 30 menit. Diakhir perkuliahan MPP, dosen selama 10 menit memberikan umpan balik atas presentasi masing-masing kelompok dan memberikan reward. Observasi dilakukan dua kolaborator dan dokumen rekaman video.

Pada tahap **siklus kedua,** dosen mempresentasikan materi ajar tentang "Variabel Penelitian" selama 20 menit. Dosen menyajikan materi ajar tentang "Variabel Penelitian" dibantu dengan menggunakan: alat bantu pembelajaran laptop dan LCD proyektor, serta handout. Kelas dibagi menjadi empat kelompok asal. Kelompok asal diberi notasi: kelompok asal 1, kelompok asal 2, kelompok asal 3, dan kelompok asal 4. Setiap kelompok asal terdiri dari empat kelompok ahli (masing-masing kelompok ahli terdiri dari 4-5 mahasiswa). Keempat kelompok ahli diberi notasi kelompok ahli A, kelompok ahli B, kelompok ahli C, dan kelompok ahli D. Masing-masing kelompok ahli bergabung dan mendiskusikan sub topik pada Tabel 2.

Tabel 1. Pembagian Topik pada Siklus Kedua

Kelompok	Penelitian				
	Survey	Korelasional	Tindakan Kelas	Eksperimen	Pengembangan
1					
2					
3					
4					

Masing-masing kelompok ahli selama 30 menit mendiskusikan dua bentuk perumusan masalah penelitian pendidikan (seperti pembagian di atas). Selanjutnya kelompok ahli akan kembali ke kelompok asal

untuk menjelaskan bentuk perumusan masalah penelitian pendidikan dan mengerjakan tugas menyusun 2 bentuk perumusan masalah penelitian pendidikan kepada teman lainnya, selama 30 menit. Selanjutnya perwakilan kelompok asal mempresentasikan hasil diskusi selama 30 menit. Diakhir perkuliahan MPP, dosen selama 10 menit memberikan umpan balik atas presentasi masing-masing kelompok dan memberikan reward. Observasi dilakukan dua kolaborator dan dokumen rekaman video.

Tabel 3. Pembagian Topik pada Siklus Ketiga

Kelompok	Perumusan Masalah				
	Deskriptif	Komparatif	Asosiatif Simetris	Asosiatif Kausal	Asosiatif Interaktif
1					
2					
3					
4					

Pada tahap **siklus ketiga,** dosen menyajikan materi ajar dibantu laptop+LCD proyektor, handout, dan lembar kerja mahasiswa (LKM). Selama 20 menit, dosen menyajikan materi ajar tentang "Perumusan Masalah Penelitian". Kelas dibagi menjadi empat kelompok asal. Kelompok asal diberi notasi: kelompok asal 1, kelompok asal 2, kelompok asal 3, dan kelompok asal 4. Setiap kelompok asal terdiri dari empat kelompok ahli (masing-masing kelompok ahli terdiri dari 4-5 mahasiswa). Keempat kelompok ahli diberi notasi kelompok ahli A, kelompok ahli B, kelompok ahli C, dan kelompok ahli D. Masing-masing kelompok ahli bergabung dan mendiskusikan sub topik pada Tabel 3.

Tabel 4. Variabel, indikator, dan instrumen

No	Variabel	Indikator	Instrumen
1	Aktivitas belajar lisan (*oral activities)*	a. Bertanya b. Memberikan jawaban c. Memberi tanggapan d. Berdiskusi	Lembar pengamatan 1
2	Aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities)*	a. Mendengarkan penjelasan dosen, b. Mendengarkan percakapan teman, c. Mendengarkan diskusi kelompok,	Lembar tugas,
3	Aktivitas belajar menulis (*writing activities)*	a. Menulis latar belakang masalah, b. Merumuskan masalah, c. Menyalin penjelasan dosen	Lembar tugas, Dokumen catatan

Empat kelompok ahli (terdiri dari 4-5 mahasiswa) berdiskusi sub-sub topik yang masing-masing selama 20-30 menit. Selanjutnya kelompok ahli akan kembali ke kelompok asal untuk menjelaskan masing-masing sub-sub topik kepada teman satu kelompok asal, selama 25-30 menit. Selanjutnya perwakilan kelompok asal mempresentasikan hasil diskusi di depan kelas selama 30-40 menit. Pada penutup perkuliahan, dosen memberikan umpan balik atas presentasi masing-masing kelompok dan memberikan reward, selama 10-15 menit. Observasi **siklus ketiga** dilakukan dua kolaborator dan mendokumentasikan dalam rekaman video.

3. Tahap Refleksi (*reflect*)

Di akhir setiap perkuliahan MPP, pada **siklus pertama**, **siklus kedua** dan **siklus ketiga** dilakukan refleksi antara dosen pengampu MPP dengan dua kolaborator yang dikuatkan dengan mengamati hasil rekaman video. Hasil refleksi dicatat dan digunakan untuk perbaikan dan penyempurnaan desain SAP siklus berikutnya. Perbaikan SAP siklus berikutnya meliputi: penggunaan media pembelajaran (tampilan slide presentasi), konten materi ajar, variasi bahan ajar, dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Instrumen penelitian berfungsi sebagai alat bantu dalam mengumpulkan data yang diperlukan. Bentuk instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data sesuai variabel hipotesis tindakan terdiri atas: (1) aktivitas

belajar lisan (*oral activities)*, (2) aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities)*, dan (3) aktivitas belajar menulis (*writing activities)*. Variabel, indikator, dan instrumen yang disajikan seperti tabel 1.

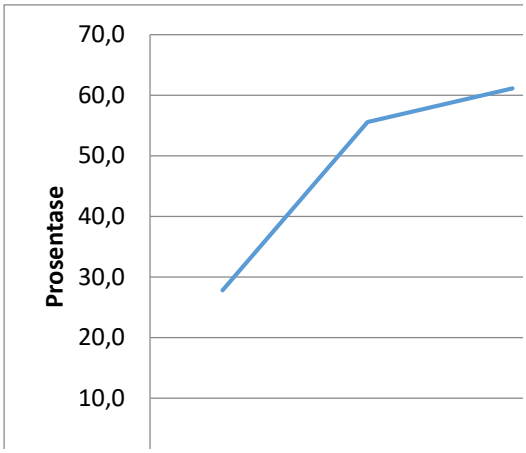
Subyek penelitian ini adalah semua mahasiswa klas D program studi pendidikan Teknik Elektro, menempuh mata kuliah Metodologi Penelitian Pendidikan pada semester genap 2016/2017.

Analisis data penelitian yang dilakukan dengan teknik deskriptif-kuantitatif. Teknik deskripsi untuk menjelaskan sebaran skor secara grafis dan essay dari setiap variabel penelitian. Teknik kuantitatif untuk menghitung prosentase indikator aktivitas belajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompleksitas pengalaman belajar mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan Metodologi Penelitian Pendidikan (MPP) dapat dianalisis melalui aktivitas belajarnya. Aktivitas belajar mahasiswa dalam perkuliahan MPP dapat dipilahkan menjadi aktivitas belajar lisan (*oral activities)*, aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities)*, dan aktivitas belajar menulis (*writing activities)*. Aktivitas belajar mahasiswa dalam perkuliahan MPP dapat dibentuk oleh dosen melalui pemilihan model pembelajaran, pemilihan strategi pembelajaran, serta pemilihan media pembelajaran yang relevan dengan capaian pembelajaran.

Dalam penelitian ini, dosen pengampu matakuliah MPP dalam mengelola perkulihan menggunakan model pembelajaran kooperatif. Model pembelajaran kooperatif didesain dengan menggunakan variasi media pembelajaran dan variasi bahan ajar mahasiswa. Pembelajaran kooperatif merupakan model pembelajaran yang mengutamakan adanya kerjasama, yakni kerjasama antara mahasiswa dalam kelompok untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dalam perkuliahan MPP didesain dan diimplementasikan variasi media pembelajaran dan variasi bahan ajar, aktivitas belajar lisan (*oral activities)*, aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities)*, *serta* aktivitas belajar menulis (*writing activities)* mahasiswa dapat dikondisikan. Penerapan variasi media pembelajaran dan variasi bahan ajar pada pembelajaran kooperatif tipe jigsaw pada siklus pertama, siklus kedua, dan siklus ketiga, bertujuan untuk meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa. Aktivitas belajar lisan mahasiswa meliputi: (1) belajar bertanya, (2) belajar memberi respon, (3) belajar memberi tanggapan, serta (4) belajar berdiskusi. Keempat belajar lisan mahasiswa mengalami peningkatan seperti divisualkan sebagai berikut



Gambar 2. Grafik Aktivitas Memberi Respon

Pembelajaran kooperatif tipe jigsaw pada perkuliahan MPP mendeskripsikan bahwa terdapat peningkatan aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities).* Aktivitas belajar mendengarkan mahasiswa meliputi: (1) aktivitas mendengarkan penjelasan dosen, (2) aktivitas mendengarkan tanggapan teman lainnya, serta (3) aktivitas mendengarkan diskusi. Ketiga aspek aktivitas mendengarkan mahasiswa dapat digambarkan seperti berikut.

SIMPULAN

Pembelajaran kooperatif tipe *jigsaw* pada perkuliahan MPP dengan penerapan variasi media pembelajaran, dan variasi bahan ajar yang digunakan mahasiswa untuk belajar berkelompok melalui diskusi dan mempresentasikan hasil diskusi. Penelitian ini menyimpulkan, 1) melalui pembelajaran kooperatif, aktivitas belajar lisan (*oral activities*) mahasiswa dalam perkuliahan MPP

meningkat mencapai lebih dari 60%, 2) melalui pembelajaran kooperatif, aktivitas belajar mendengarkan (*listening activities*) mahasiswa dalam perkuliahan MPP meningkat mencapai lebih dari 60 % , dan 3) melalui pembelajaran kooperatif, aktivitas belajar menulis (*writing activities*) mahasiswa dalam perkuliahan MPP meningkat mencapai lebih dari 60 %.

SARAN

Pembelajaran kooperatif tipe jigsaw yang didesain dan diterapkan secara sistemik dan berkelenjutan akan meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa dalam memproses materi ajar, sehingga diharapkan akan meningkatkan capaian pembelajaran suatu matakuliah. Melalui penelitian ini, peneliti menyampaikan saran sebagai berikut, 1) menerapkan suatu model pembelajaran yang mengaktifkan belajar mahasiswa, dosen perlu mendesain pelaksanaan perkuliahan secara cermat dan konsisten, 2) Upaya meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa menjadi upaya semua dosen, 3) Dengan meningkatnya aktivitas belajar yang dilakukan secara bekelanjutan akan memberi dampak pada meningkatkan hasil belajar mahasiswa, 3) Program video instruktksional tentang model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw (sebagai suplemen penelitian ini) dapat digunakan sebagai sumber belajar bagi dosen dan mahasiswa.

DAFTAR RUJUKAN

Arends, Richard I., (2008). *Learning To Teach* (Terjemahan Belajar Untuk Mengajar). Yogyakarta. Pustaka Pelajar

Atwi Suparman, (1993). *Desain Instruksional.* Jakarta: PAU-Dikti Depdikbud.

Barbara C. Seels and Rita C. Richey, (1994). *Instructional Technology: The Definition and Domain of the Field*. Washington DC: AECT.

David A ,Jacobsen,et all. (2009). *Methodes For Teaching* (Metode-MetodePengajaran Meningkatkan Belajar Siswa TK-SMA).Yogyakarta: Pustaka Belajar.

Hanbury, L. (1996). *Constructivism: So What? In J. Wakefield and L. Velardi (Eds.). Celeberating Mathematics Learning*. Melbourne: The Mathematical Assciation of Victoria.

Lily Budiardjo, (1993). *Hakikat Metode Instruksional.* Jakarta: PAU-Dikti Depdikbud.

McCombs, B. L. & Miller, L. (2007). Learner-Centered Classroom Practices and Assessments: Maximizing Student Motivation, Learning, and Achievement. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Haris Mudjiman. (2006). Belajar Mandiri, Surakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) UNS dan UPT Penerbitan dan Percetakan UNS (UNS Press)

Martinis Yamin. (2011). *Paradigma Baru Pembelajaran*, Jambi: Gaung Persada Press

Seels, Barbara C. and Rita C. Richey, (1994). *Instructional Technology : The Definition and Domain of the Field*. Washington DC: AECT.

Stahl, R. J. (1994). *Cooperative Learning in Social Studies: A Handbook for* Teacher. New York: Addision Wesley Publishing Company, Inc.

Tasker, R. (1992). *Effective teaching: What Can A Constructivist View of Learning Offer*. The Australian Science Teacher Journal. 38 (1) 25-34.

Jodion Siburian. (2010). Model Pembelajaran Sains, Jambi: Universitas Jambi

Johnson, David W. and Roger T. Johnson, (1984). *Cooperative in The Classroom.* Minnesota: A Publication of Interaction Book Company.

Joyce, B. and Weil. M., (1986). *Models of Teaching.* New Jersey:Prentice-Hall, Inc.

Oemar Hamalik. (2004). Proses Belajar Mengajar. Bumi Aksara:Jakarta.

O'Neill, Geraldine and Tim McMahon. (2005). Student Centered Learning. Diakses dari http://qa.ubbcluj.ro/posdrucalitate/despre/training_studenti/materiale/student_cente

red_learn.pdf. pada tanggal 20 Maret 2012, jam 11.30 WIB.

Walter Dick and Lou Carey, (1996). *The Systematic Design of Instruction.* New York: Longman Inc.

Wheatley, G.H. (1991). "*Constructivist perspectives on Science and Mathematics Learning".* Journal of Research in Science Teaching. New York: John Wiley & Sons, Inc.

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN TAI TERHADAP HASIL BELAJAR MENDESKRIPSIKAN RANGKAIAN LOGIKA DASAR DI SMK N 2 MEDAN

Irma Agustina Manalu
Mahasiswa Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: manaluirma17@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pembelajaran yang dilakukan konvensional menimbulkan kebosanan. Siswa perlu dilibatkan aktif untuk mengasah kemampuan belajar serta rasa tanggung jawab. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *team assisted individualization* (TAI) terhadap hasil belajar siswa dengan membandingkan hasil belajar TAI dengan konvensional. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kontrol. Kelas eksperimen diberi perlakuan model TAI, sedangkan kelas kontrol model konvensional. Skor rata-rata pada kelas eksperimen adalah 22.4 sedangkan pada kelas kontrol rata-rata 19.7. Jadi hasil belajar siswa yang diajar dengan model pembelajaran TAI lebih tinggi dari hasil belajar siswa yang diajar dengan model konvensional

Kata kunci : TAI, konvensional, eksperimen.

ABSTRACT

Conventional learning leads to boredom. Students need to be actively involved to hone their learning ability and sense of responsibility. This study aims to determine the effect of learning team assisted individualization (TAI) model on student learning outcomes by comparing the results of TAI with conventional learning. The research is experimental research involving two, groups, experiment and control group. The experimental class was treated with the TAI model, while the control class was a conventional model. The average score in the experimental class was 22.4 while in the control class averaged 19.7. So the result of student learning taught by TAI model higher than result of student learning taught by conventional model.

Keywords : *TAI, conventional, experimental.*

PENDAHULUAN

Dalam hal ini, model pembelajaran kooperatif tipe *Team Assisted Individualization* sesuai dengan kebutuhan siswa. Model ini merupakan model pembelajaran berkelompok yang menuntut keaktifan setiap individu dalam kelompok yang memiliki kemampuan heterogen. Setiap individu dengan tingkat kemampuan yang berbeda akan saling membantu dalam menyelesaikan permasalahan dalam kelompoknya. Pada model Nilai kriteria ketuntasan minimum yang berlaku disekolah adalah 2.8. Nilai KKM ini diberlakukan berdasarkan pertimbangan bahwa target lulusannya akan bersaing di dunia kerja maupun melanjutkan pendidikan di universitas ternama. Pada kenyataannya, hasil belajar siswa secara umum masih berada di bawah nilai KKM tersebut. Secara khusus untuk hasil belajar dasar dan pengukuran listrik masih rendah. Selain capaian hasil belajar, masalah yang dihadapi oleh siswa adalah model pembelajaran yang digunakan oleh guru disekolah menjadikan siswa kurang aktif dalam kegiatan belajar mengajar.

pembelajaran TAI, tingkatan belajar yang diterapkan mencakup mendengar dan melihat. Dengan begitu, perbandingan antara model TAI dan konvensional dapat terlihat dengan jelas dilihat dari tingkatan belajarnya.

Melihat cakupan masalah yang ada, dianggap perlu pembatasan masalah untuk lebih memfokuskan penelitian terhadap masalah yang ada. Penelitian ini akan menguji pengaruh

model pembelajaran kooperatif tipe *team assisted individualization* terhadap hasil belajar siswa kelas X TITL pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian digital dasar tahun ajaran 2015/2016 dengan melihat kemampuan belajar kognitif siswa.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah hasil belajar siswa kelas X Listrik pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI?
2. Bagaimanakah hasil belajar siswa kelas X Listrik pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model konvensional?
3. Apakah hasil belajar siswa kelas X pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI lebih tinggi dari model pembelajaran Konvensional?

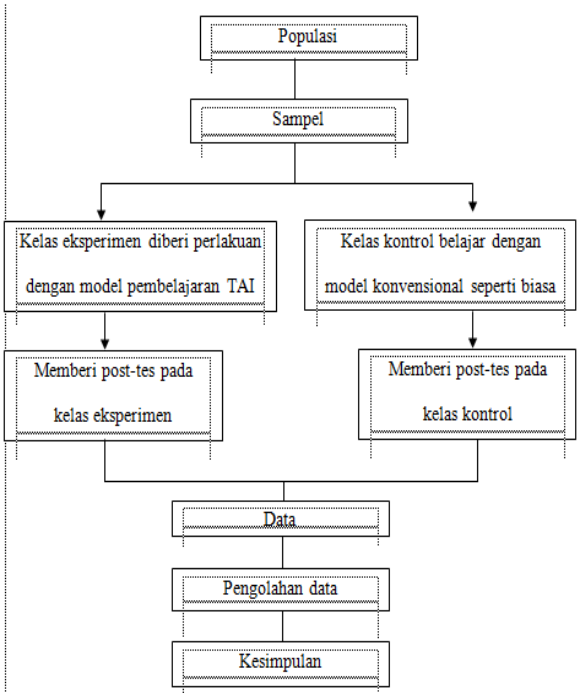
METODE

Penelitian yang dilaksanakan adalah penelitian eksperimen dimana peneliti berusaha mengetahui pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe TAI terhadap hasil belajar siswa secara khusus terhadap kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar pada siswa kelas X kejuruan teknik instalasi tenaga listrik di SMK N 2 Medan tahun ajaran 2015/2016.

Tabel 1 Desain Penelitian

Kelas Sampel	Perlakuan	Post-Tes
Eksperimen	X_{TAI}	T
Kontrol	konvensional	T

Langkah penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Bagan Langkah Penelitian

1. Instrument Pengumpul Data

Tabel 2 Instrumen Penelitian

No	Indicator	Ranah Kognitif					Jumlah
		C1	C2	C3	C4	C5	
1	Siswa mampu mendeskripsikan rangkaian logika		1,2 ,3			28, 29, 30, 31,32,3 3,34,35	11
	Rangkaian AND	4,14		11	21		4
	Rangkaian OR	5,15		12	22		4
	Rangkaian NOT	6,16		13	23		4
	Rangkaian NAND	7,18			24		3
	Rangkaian NOR	8,17			25		3
	Rangkaian XOR	9,19			26		3
	Rangkaian XNOR	10, 20			27		3
	Jumlah	14	3	3	7	8	**35**

Instrumen diatas merupakan isntrumen siap pakai setelah dilakukan uji coba instrumen dan telah dilakukan validitasi, uji reliabilitas serta tingkat kesukaran.

Analisis Data

Menghitung nilai rata-rata, median, dan modus

Nilai rata-rata M = $\frac{\Sigma f_i x_i}{\Sigma f_i}$

Median Me = b + p $(\frac{\frac{1}{2}n - F}{f})$

Modus Mo = b + p $(\frac{b_1}{b_1 + b_2})$

2. Uji Normalitas

1. $Z_1 = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$

   Dimana : $\bar{X}$ = rata – rata nilai hasil belajar

   S = standar deviasi
2. Menghitung peluang F (Z_1) = ($Z \leq Z_1$)
3. Menghitung proporsi S (Z_1) dengan rumus :

$$S(Z_i) = \frac{Banyak\ Z_1, Z_2 \ldots\ldots Z_n,\ yang \leq Z_1}{n}$$

4. Menghitung selisih F (Z_1) – S (Z_1), kemudian menentukan harga mutlaknya
5. Mengambil harga mutlak yang paling besar dari selisih itu disebut $L_{hitung} < L_{tabel}$ maka berdistribusi normal.

3. Uji Homogenitas Data

$$F = \frac{Varians\ Terbesar}{Varians\ Terkecil}$$

Kriteria pengujian hipotesis : Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka kedua sampel tidak memiliki varians yang sama. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka kedua sampel memiliki varians yang sama.

Uji Hipotesis

Hipotesis penelitian diuji dengan uji t dengan bentuk hipotesis adalah :

H_0 : μ TAI ≤ μ Konvensional

H_a : μ TAI > μ Konvensional

Ha : Hasil belajar mendeskripsikan rangkaian logika dasar dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI lebih tinggi dari hasil belajar dengan menggunakan model pembelajaran konvensional.

Untuk menguji hipotesis pada data penelitian berdistribusi normal adalah dengan uji satu pihak, yaitu pihak kanan dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data Hasil Penelitian

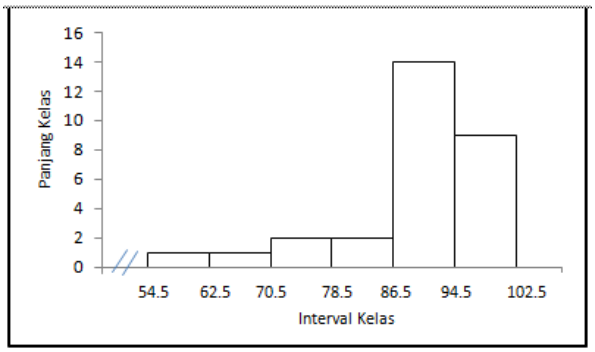
   Data Hasil Penelitian Kelompok Eksperimen dengan Menggunakan Model Pembelajaran *Team Assisted Individualization*

No	Kelas interval			F	Xi	Fi.Xi
1	28	-	40	2	34	68
2	41	-	53	1	47	47
3	54	-	66	0	60	0
4	67	-	79	8	73	584
5	80	-	92	15	86	1290
6	93	-	105	3	99	297
Jumlah				29		2286

Berdasarkan data yang diperoleh dalam penelitian dengan responden 29 terdapat skor tertinggi adalah 100 dan skor terendah adalah 56 dengan rata-rata skor adalah 89.7. Dengan menggunakan aturan sturges, maka diperoleh daftar distribusi frekuensi data kelas eksperimen adalah sebagai berikut. Terlampir pada lampiran 11.

Tabel 3 Distribusi Frekuensi Data Hasil Belajar pada Kelas Eksperimen

No	Kelas interval			F	Xi	F.Xi
1	55	-	63	1	59	59
2	63	-	70	1	66.5	66.5
3	71	-	78	2	74.5	149
4	79	-	86	2	82.5	165
5	87	-	94	14	90.5	1267
6	95	-	102	9	98.5	886.5
J u m l a h				29	472	2593



Gambar 2 Histogram Hasil Belajar Kelas Eksperimen

Dari data distribusi frekuensi yang terdapat pada tabel, dapat dijelaskan bahwa frekuensi terbanyak berada pada kelas interval ke lima, yaitu 14

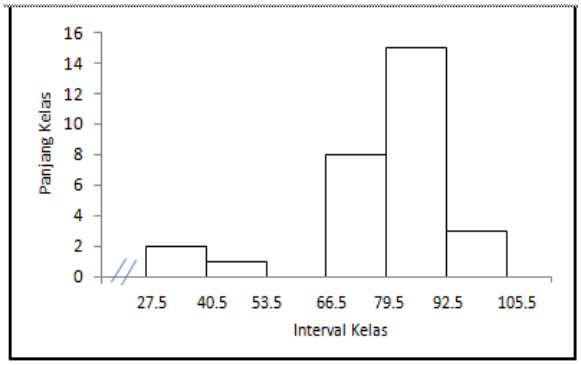
Kontrol

Interval	F	%	Kategori
x > 75	22	75.86207	Tinggi
50 ≤ x <75	4	13.7931	Cukup
25 ≤ x < 50	3	10.34483	Kurang
x < 25	0	0	Rendah
	29	100	

1. Data Hasil Penelitian Kelompok Kontrol dengan Menggunakan Model Pembelajaran yang Konvensional

Berdasarkan data yang diperoleh dalam penelitian dengan responden 29 terdapat skor tertinggi adalah 100 sedangkan skor terendah adalah 28 dengan rata-rata skor adalah 79.1. Distribusi frekuensi data kelas kontrol sesuai dengan aturan struges adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Distribusi Frekuensi Data Hasil Belajar pada Kelas Kontrol



Gambar 3 Histogram Hasil Belajar Kelas Kontrol

Dari data distribusi frekuensi yang terdapat pada tabel, dapat dijelaskan bahwa frekuensi terbanyak berada pada kelas ke empat, yaitu 15. Dari data distribusi frekuensi tersebut dapat juga dilihat histogram distribusi berikut ini.

Uji Kecenderungan Data Hasil Penelitian

Kecenderungan data hasil belajar siswa dapat dilihat dalam data berikut. Dimana rata-rata ideal adalah 50 dan standar deviasi idealnya adalah 16.7.

1. Kecenderungan Hasil Belajar Siswa yang Diajar dengan Model Pembelajaran TAI

Tabel 5 Kecenderungan Hasil Belajar Kelas Eksperimen

Eksperimen

Interval	F	%	Kategori
x > 75	27	93.10345	Tinggi
50 ≤ x <75	2	6.896552	Cukup
5 ≤ x < 50	0	0	Kurang
x < 25	0	0	Rendah
	29	100	

Skor rata-rata hasil belajar kelas eksperimen adalah 89.6 dan rata-rata idealnya adalah 50. Dari perhitungan data tersebut dapat dikatakan bahwa rata-rata hasil belajar siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran *team assisted individualization* berada di atas skor rata-rata ideal. Hasil belajar siswa pada kelas eksperimen ini cenderung tinggi yang dibuktikan dengan kategori skor yang didapatkan oleh siswa berada pada kategori tinggi dan cukup dimana kategori tinggi ada 27 orang dan kategori cukup ada 2 orang.

2. Kecenderungan Hasil Belajar Siswa yang Diajar dengan Model Konvensional

Tabel 6 Kecenderungan Hasil Belajar Kelas Kontrol

Skor rata-rata hasil belajar kelas kontrol yang diajar dengan model konvensional adalah 79.0 dengan rata-rata ideal adalah 50. Dari perhitungan data tersebut dapat dikatakan bahwa rata-rata hasil belajar siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran konvensional berada di atas skor rata-rata ideal. Berdasarkan kategorinya ada 3 siswa berada pada posisi kategori kurang, kemudian ada 4 siswa pada kategori cukup dan ada 22 siswa pada kategori tinggi.

Uji Persyaratan Analisis

1. Uji Normalitas

Uji normalitas data kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan uji Lilliefors untuk melihat kenormalan data penelitian. Hasil uji normalitas data kedua kelas ditunjukkan dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 7 Hasil Uji Normalitas Data

No	Kelas	L_{hitung}	α	L_{tabel}	Kesimpulan
1.	Kelas Eksperimen	0.160	5 %	0.168	Normal
2.	Kelas Kontrol	0.124			Normal

Sampel berasal dari populasi berdistribusi normal, dibuktikan dalam perhitungan bahwa $L_{hitung} \leq L_{tabel}$. Tabel di atas menunjukkan bahwa pada kelompok eksperimen dan kontrol $L_{hitung} \leq L_{tabel}$ dengan α = 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal. Terlampir pada lampiran 13.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas data kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan uji kesamaan dua varians. Terlampir pada lampiran 14.

Hasil perhitungan uji homogenitas tersebut ditunjukkan pada table dibawah ini:

Tabel 8 Hasil Uji Homogenitas Data

No	Data Postest	n	S	F_{hitung}	α	F_{tabel}	Kesimpulan
1.	Kelas Eksperimen	29	10.0	1.68	5%	1.87	Homogen
2.	Kelas Kontrol	29	16.8				

3. Pengujian Hipotesis

Kelas eksperimen yang diajar dengan model pembelajaran *Team Assisted Individualization* dan kelas kontrol yang diajarkan dengan metode pembelajaran konvensional, maka untuk melihat pengaruh dari model pembelajaran *Team Assisted Individualization* terhadap hasil belajar siswa kelas X TITL pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika, maka dilihat perbedaan hasil belajar antara model TAI dan konvensional dimana secara statistik dilakukan uji hipotesis satu pihak dengan menggunakan uji t. Hasil perhitungan uji hipotesis ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Terlampir pada lampiran 15.

Tabel 9 Hasil Uji Hipotesis

Data Postest	Skor	t_{hitung}	t_{tabel}	Kesimpulan
Eksperimen	89.6	11.2	1.672	Hasil belajar dasar dan pengukuran listrik dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI lebih tinggi dari hasil belajar dengan menggunakan model pembelajaran konvensional.
Kontrol	79.0			

Berdasarkan tabel di atas, kelas eksperimen yang diajarkan dengan model pembelajaran *Team Assisted Individualization* memperoleh skor rata-rata hasil belajar adalah 89.6 dan kelas kontrol yang diajarkan dengan model pembelajaran konvensional memperoleh hasil belajar dengan skor rata-rata 79.0. Data di atas menunjukkan bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ **(** 11.2 > 1.672), sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis diterima, yaitu hasil belajar dasar dan pengukuran listrik dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI lebih tinggi dari hasil belajar dengan menggunakan model pembelajaran konvensional pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar.

4. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat dilihat perbedaan hasil belajar dari kedua kelompok penelitian. Perhitungan data statistik yang menunjukkan hasil belajar pada kelas yang diajar dengan model pembelajaran *team assisted individualization* memiliki rata-rata skor 89.6 dengan standar deviasinya 10.0. Berdasarkan tingkatan kategorinya, dapat diketahui bahwa hasil belajar siswa dengan model pembelajaran TAI cenderung tinggi, yaitu adanya 27 siswa yang berada pada kategori tinggi dan 2 orang lainnya berada pada kategori cukup.

Dalam perhitungan data statistik kelas kontrol dapat diketahui bahwa skor rata-rata yang diperoleh siswa adalah 79.0 dengan standar deviasi 16.8 dimana pada kelas kontrol ini, kategori yang didapatkan adalah adanya 22 siswa pada kategori tinggi, 4 siswa pada

kategori cukup dan 3 siswa pada kategori kurang.

Dari data yang diperoleh, dapat dilihat perbedaan hasil belajar pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada skor rata-rata dimana skor rata-rata pada kelas eksperimen lebih besar dari skor rata-rata kelas kontrol dimana kelas eksperimen memiliki skor rata-rata 89.6 dan kelas kontrol memiliki skor rata-rata 79.0. Selain itu, perbedaan hasil belajar kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat diketahui dengan melihat tingkat kecenderungan hasil belajarnya bahwa jumlah siswa dengan tingkat kategori tinggi pada kelas eksperimen lebih banyak dari pada kelas kontrol. Sebaliknya, pada kelas kontrol ada 3 siswa yang berada pada kategori kurang, sedangkan pada kelas eksperimen tidak ada siswa yang berada pada kategori kurang. Data tersebut membuktikan bahwa hasil belajar siswa yang diajar dengan model pembelajaran TAI lebih tinggi dari model pembelajar konvensional, yaitu model pembelajaran yang biasa digunakan oleh guru dalam kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar.

Perbedaan ini terjadi akibat pengaruh model pembelajaran *team assisted individualization* yang menuntun siswa untuk bekerja sama dalam kelompoknya masing-masing dimana setiap anggota kelompok diberikan tanggung jawab yang sama dalam keberhasilan kelompoknya. Setiap siswa akan berusaha menyelesaikan masalah dalam kelompoknya. Selain itu, setelah penyelesaian masalah anggota kelompok juga bertanggung jawab untuk menilai ataupun mananggapi hasil penyelesaian anggota lain. Jadi, dalam pembelajaran ini siswa berusaha berpikir untuk penyelesaian masalah yang diberikan padanya dan pada anggota lainnya. Sedangkan pada konvensional, siswa menjadi pendengar informasi dari guru dimana dalam hal ini, guru adalah pusat informasi dan informasi yang disampaikan bersifat sudah jadi yang mengakibatkan siswa lebih banyak mendengar dan mengingat.

Dalam hal ini dilakukan pengujian hipotesis untuk melihat pengaruh dari model pembelajaran TAI. pengujian hipotesis yang digunakan adalah uji t, yaitu uji pihak kanan dengan taraf signifikan 5%. Uji t pihak kanan dimana Ha diterima jika $t_{hitung} > t_{tabel}$. Harga t_{hitung} didapatkan sebesar 2.94 dan data tabel diketahui 1.672. Maka, kriteria pengujian data diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu 2.94 > 1,672 artinya Ha diterima yang berarti adanya pengaruh model pembelajaran *team assisted individualization* terhadap hasil belajar siswa secara khusus pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil belajar siswa kelas X Listrik pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe TAI memiliki skor rata-rata 89.6 dengan skor tertinggi yang diperoleh siswa adalah 100 dan skor terendah adalah 56. Setelah melihat kecenderungan datanya, kategori hasil belajar siswa yang diajarkan dengan model TAI adalah 27 siswa pada kategori tinggi dan 2 siswa lainnya pada kategori cukup. Dapat dikatakan bahwa hasil belajar dengan model pembelajaran TAI adalah baik.
2. Hasil belajar siswa kelas X Listrik pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model pembelajaran konvensional memiliki skor rata-rata 79.0 dengan skor tertinggi yang diperoleh siswa adalah 100 dan skor terendah adalah 28. Kecenderungan data pada kelas yang diajarkan dengan model konvensional adalah ada 22 siswa pada kategori tinggi, 4 siswa pada kategori cukup dan 3 siswa lainnya pada kategori kurang. Melihat skor rata-rata siswa dan adanya siswa pada kategori kurang, dapat dikatakan bahwa hasil belajar dengan model konvensional di sekolah masih kurang baik.

Hasil belajar siswa kelas X pada kompetensi dasar mendeskripsikan rangkaian logika dasar yang menggunakan model pembelajaran TAI lebih tinggi dari model pembelajaran Konvensional. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat tingkat kecenderungan hasil belajar siswa dimana pada kelas eksperimen ada 27 siswa pada kategori tinggi dan 2 siswa lainnya pada kategori cukup, sedangkan pada kelas control diketahui bahwa ada 22 siswa pada kategori tinggi, 4 siswa pada kategori cukup dan 3 siswa lainnya pada kategori kurang. Selain itu, dapat dibuktikan dengan hasil Uji t yaitu bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ (11.2 > 1,672), artinya Ha diterima.

DAFTAR RUJUKAN

Dahar, Ratna Willis. (2011). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Fokheim, Roger. (1990). *Elektronika Digital*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Hasan, Hamid dkk. (1991). *Evaluasi Hasil Belajar*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan kebudayaan.

Huda, Miftahul. (2014). *Model-model Pengajaran dan Pembelajaran*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

Ibrahim, KF. (1996). *Teknik Digital*. Yogyakarta : Andi.

Mulyoto. (2013). *Strategi Pembelajaran Di Era Kurikulum 2013*. Jakarta : Prestasi PustakaKaraya.

Nasution, S. (1982). *Berbagai Pendekatan Dalam Proses Belajar Mengajar*. Bandung : Bumi Aksara.

Shoimin, Aris. (2014). 68 Model *Pembelajaran Inovatif dalam Kurikulum 2013.* Yogyakarta : Ar-ruzz Media.

Sanjaya, Wina. (2009). *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta : Kencana.

Situmorang, Benyamin. (2013). *Penelitian dan Pendidikan Konsep dan Implikasi*. Medan : Unimed Press

Sudjana. (2001). *Metoda Statistika*. Bandung : Tarsito.

Sukardi. (2007). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta : Bumi Aksara.

Sumarna. (2006). *Elektronika Digital Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

ANALISIS PENGEMBANGAN KURIKULUM DAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BIDANG TEKNIK LISTRIK UNTUK PENDIDIKAN DAN PELATIHAN PT SUMMARECON AGUNG

Muhamad Ali[1], Joko Laras BT[2], dan Totok Heru TM[3]
[1]Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Email: muhal.uny@gmail.com

ABSTRAK

Lembaga Pendidikan dan Pelatihan (Diklat) PT Summarecon Agung merupakan pendidikan non formal yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia di perusahannya. Salah satu kompetensi kerja yang perlu dikembangkan yaitu bidang elektrikal. Untuk itu lembaga Diklat PT Summarecon bekerjasama dengan FT UNY dalam pengembangan perangkat pembelajaran yang berisi modul dan media pendukung untuk membantu pekerja dalam meningkatkan kompetensi.

Analsis pengembangan perangkat pembelajaran bidang elektrikal untuk Diklat PT Summarecon dilakukan dengan metode Dacum (*Developing a Curriculum*) yaitu mengalisis jabatan secara sistematik melalui *brainstorming* dengan para pakar yang ada di PT Summarecon. Dari diskusi antara ahli pendidikan dari FT UNY dan profesional PT Summarecon, selanjutnya dilakukan analisis kompetensi yang dibutuhkan untuk selanjutnya diturunkan menjadi bahan kajian dan perangkat pembelajaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran bidang elektrikal yang perlu dikembangkan di PT Summarecon diperuntukkan bagi tiga (3) level jabatan kerja yaitu 1.Inspektor Elektrikal, 2.Asisten Manajer Site, dan 3.General Manajer. Berdasar analisis, perangkat pembelajaran yang dikembangkan terdiri dari tiga (3) modul yaitu: a) Modul Kendali Mutu Pekerjaan Elektrikal yang terdiri dari empat (4) sub modul yaitu Pengantar Listrik, Material Peralatan Listrik, Alat Ukur dan Pengukuran Besaran Listrik dan Standar Mutu Pekerjaan. b) Modul Perencanaan dan Perhitungan MEP yang teridiri dari tiga sub modul yaitu: Dasar Perhitungan ME, Dasar Teknik Instalasi Listrik dan Perencanaan Instalasi Listrik. c). Metoda Pelaksanaan Pekerjaan ME yang terdiri dari tiga (3) sub modul yaitu: Standar Pelaksanaan Pekerjaan Listrik, Metode Pelaksanaan Pekerjaan Distribusi Tenaga Listrik, dan Testing dan Komisioning Pekerjaan Kelistrikan.

Kata Kunci : Kurikulum, Perangkat Pembelajaran, DACUM, Summarecon Agung

ABSTRACT

Education and Training Institution PT Summarecon Agung is a non-formal education that aims to improve the quality of human resources in the company. One of the working competencies that need to be developed is the electrical field. Therefore, PT Summarecon Training Institution cooperates with FT UNY in developing learning tools that contains module and supporting media to assist workers in improving their competence.

The analysis of the development of learning tools in electrical field for PT Summarecon Training is done by Dacum (Developing a Curriculum) method, which is to systematically analyze the position through brainstorming with experts in PT Summarecon. From discussions between educational experts from FT UNY and PT Summarecon professionals, further analysis of competencies is needed to be further derived into study materials and learning tools.

The result of the research shows that the learning tools of electrical field that need to be developed in PT Summarecon is for three (3) job positions namely 1. Electrical Insector, 2.Assistant Site Manager, and 3.General Manager. Based on the analysis, the learning tools developed consist of three (3) modules, namely: a) Electrical Work Quality Control Module consisting of four (4) sub modules namely Introduction of Electricity, Electrical Equipment Material, Measurement and Measurement of Electricity and Quality of Work . b) The MEP Planning and Calculation Module consists of three sub-modules, namely: Basic Calculation ME, Basic Electrical Installation Technique and Planning of Electrical Installation. c). ME's Work Implementation Method consists of three (3) sub-modules namely: Standard for Electrical Work Implementation, Electric Power Distribution Job Implementation Method, and Testing and Commisioning of Electrical Works.

Keywords: *Curriculum, Learning Tool, DACUM, Summarecon Agung*

PENDAHULUAN

PT. Summarecon Agung Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi dan pengembangan *real estate* di Indonesia. Untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia (SDM), perusahaan mengembangkan lembaga pendidikan dan pelatihan (Diklat). Dalam pengembangannya diperlukan kurikulum beserta perangkat pembelajarannya yang dapat diaplikasikan pada sistem pendidikan dan pelatihan karyawan yang terstruktur dan sistematis untuk job level berbagai department yang ada. Salah pekerjaan yang dilakukan oleh PT Summarecon Agung Tbk adalah pekerjaan elektrikal pada perumahan, perkantoran, apartemen, hotel dan kondominium. Pekerjaan elektrikal memegang peran penting selain pekerjaan perancangan, struktur, infrastruktur, lanscape, mekanikal dan *plumbing*. Selama ini pekerjaan di PT Summarecon dirancang oleh bagian perencanaan yang kemudian dilaksanakan oleh kontraktor. PT Summarecon melakukan pengawasan pekerjaan kontraktor agar sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.Untuk melaksanakan pekerjaan, PT Summarecon membentuk tim atau divisi projek yang bertugas untuk menangani pekerjaan. Untuk menjamin kesuksesan pelaksanaan pekerjaan maka dibentuk unit-unit kerja diantara yaitu 1) general manajer, 2) manajer site, 3) manajer mekanikal, elektrikal dan plumbing (MEP), 4) pengawas atau inspektor pekerjaan MEP.

Salah satu permasalahan yang dihadapi PT Summarecon Agung Tbk berkaitan dengan pekerjaan Elektrikal yaitu sebagian besar tenaga kerja yang dimiliki mempunyai latar belakang pendidikan teknik sipil dan arsitektur sesuai dengan bidang kerja teknik konstruksi. Hal ini menjadikan pekerjaan mekanikal dan elektrikal harus ditangani oleh orang yang bukan ahlinya. Untuk meningkatkan kompetensi sumber daya manusia bidang elektrikal, PT Summarecon Tbk mempunyai lembaga pendidikan dan pelatihan (Diklat) internal yang bertugas untuk memberikan pelatihan kepada tenaga kerja dengan mengundang nara sumber dari vendor yang mensuplai peralatan kelistrikan. Hal ini cukup efektif tetapi dari landasan filosofi keilmuan masih belum optimal. Kebanyakan tenaga kerja memahami ilmu elektrikal dari pengalaman di lapangan tanpa didasari keilmuan yang mendalam sehingga apabila terjadi permasalahan kadang tidak dapat menyelesaikan dengan cepat.

Dalam rangka meningkatkan kualitas lembaga pendidikan dan pelatihan, PT Summarecon bekerjasama dengan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dalam pengembangan kurikulum pendidikan dan pelatihan dan pengembangan perangkat pembelajaran. Finch & Crunkilton (1993), menjelaskan bahwa kurikulum sebagai ”*as the sum of the learning activities and experiences that a student has under the auspices or direction of the school*”.Konsep kurikulum mengandung dua aspek yang perlu diperhatikan dalam pendidikan dan pelatihan yaitu:1) Fokus utama kurikulum adalah peserta didik, 2) Kurikulum tidak hanya kumpulan daftar mata pelajaran yang akan diikuti oleh peserta didik, tetapi mencakup semua aktivitas yang memiliki pengaruh signifikan untuk pembentukan peserta didik secara total dan pencapaian efektivitas. Pendapat ini diperkuat dengan pernyataan Rosdakarya dan Hamalik (2006) yang menyatakan bahwa kurikulum merupakan suatu rencana tertulis yang berisi kemampuan yang harus dimiliki berdasarkan standar, materi yang perlu dipelajari dan pengalaman belajar yang harus dijalani untuk mencapai kemampuan

tersebut, dan evaluasi yang perlu dilakukan untuk menentukan tingkat pencapaian kemampuan peserta didik, serta seperangkat peraturan yang berkenaan dengan pengalaman belajar peserta didik dalam mengembangkan potensi dirinya pada satuan pendidikan. Hal ini sejalan dengan pasal 1 ayat 19 Undang-undang Sisdiknas yang menyatakan bahwa kurikulum adalah seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untukmencapai tujuan pendidikan tertentu (UU. No. 20 Th. 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional).

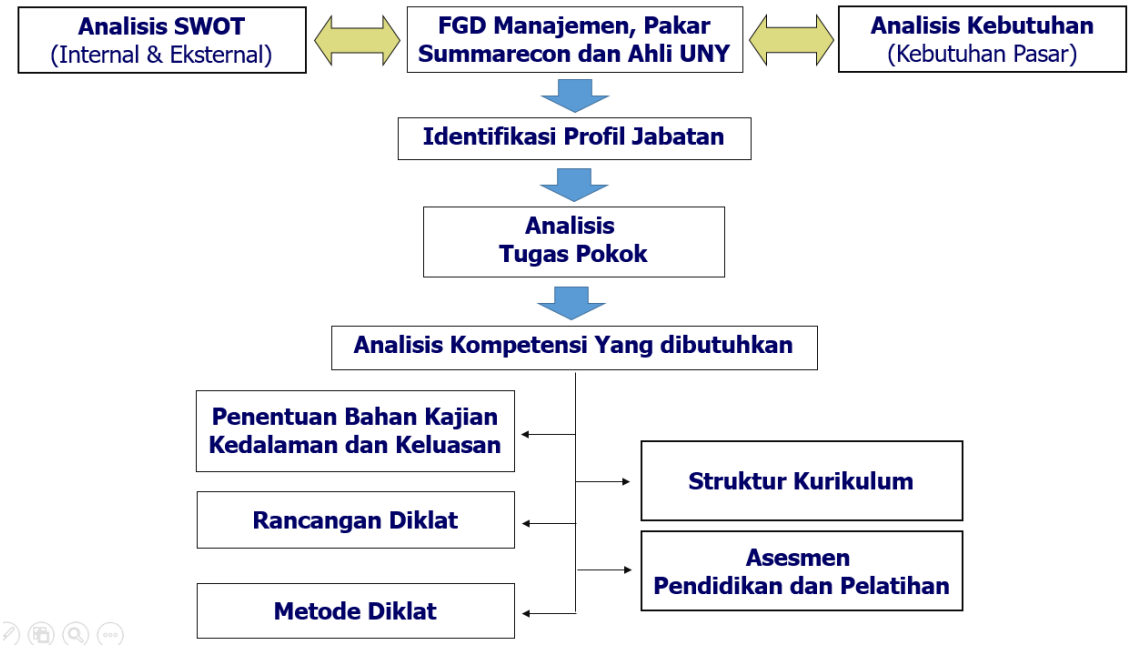
Salah satu strategi atau pendekatan yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi isi kurikulum yaitu DACUM. DACUM merupakan singkatan dari *Developing A Curriculum atau Design A Curriculum* yang pada awalnya dikembangkan oleh para ahli kurikulum di Canada hasil kerjasama Departemen Tenaga Kerja dan Imigrasi dengan *General Learning Corporation*. Pendekatan ini kemudian dideseminasikan di berbagai lembaga pendidikan.Pendekatan DACUM menekankan bahwa kurikulum perlu diinisiasi oleh para pengusaha atau pekerja dari industri dan dunia usaha yang mempunyai kebutuhan tenaga kerja. Asumsi yang digunakan bahwa dalam penentuan isi kurikulum diharapkan memiliki relevansi yang tinggi dengan kebutuhan lapangan kerja. DACUM dapat digunakan sebagai alat untuk menganalisis sebuah pekerjaan dan berfungsi sebagai metoda untuk mengidentifikasi pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skill*), sikap (*attitude*) yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Menurut Pribadiyono (2015) pengembangan kurikulum dengan metode DACUM diawali Analisis Kebutuhan (*Need Analysis*) terhadap posisi jabatan (*Job Position/ Job Profile*), yang melibatkan para pakar profesional, selanjutnya dilakukan analisis kompetensi yang dibutuhkan, dilanjutkan dengan menyusun bahan kajian yang dibutuhkan, selanjutnya baru dilakukan penyusunan struktur mata diklat dan penentuan kedalaman dan keluasannya.

Menurut definisi Kamus Besar Bahasa Indonesia KBBI (2007: 17), perangkat adalah alat atau perlengkapan, sedangkan pembelajaran adalah proses atau cara menjadikan orang belajar. Perangkat pembelajaran dapat didefinisikan sebagai alat atau perlengkapan untuk melaksanakan proses yang memungkinkan pendidik dan peserta didik melakukan kegiatan pembelajaran (Zuhdan, dkk 2011). Perangkat pembelajaran menjadi pegangan bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran baik di kelas, laboratorium atau di luar kelas. Dalam Permendikbud No. 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah disebutkan bahwa penyusunan perangkat pembelajaran merupakan bagian dari perencanaan pembelajaran. Perencanaan pembelajaran dirancang dalam bentuk silabus dan RPP yang mengacu pada standar isi. Selain itu, dalam perencanaan pembelajaran juga dilakukan penyiapan media dan sumber belajar, perangkat penilaian, dan skenario pembelajaran.

METODE

Metode pengembangan kurikulum dan perangkat pembelajaran bidang keahlian teknik listrik pada Pendidikan dan Pelatihan PT Summarecon Agung Tbk ini menggunakan pendekatan DACUM yang teridiri dari 8 langkah yaitu: Analisis SWOT dan Analisis Kebutuhan, 2) Analisis Profil Jabatan, 3) Analisis kompetensi kerja untuk masing-masing jabatan, 4) Analisis bahan kajian yang dibutuhkan, 5) Penyusunan kedalaman dan keluasan mata

diklat, penyusunan struktur kurikulum, penyusunan rancangan pembelajaran, penentuan metode pembelajaran yang sesuai dan terakhir penyusunan instrument evaluasi pendidikan dan pelatihan. Secara singkat tahap-tahap dalam penyusunan kurikulum dan perangkat pembelajaran Pendidikan dan Pelatihan PT Summarecon dapat dilihat sebagaimana gambar 1



Gambar 1. Pendekatan Pengembangan Kurikulum PT Summarecon Agung

Pengembangan kurikulum dilakukan dengan melibatkan manajemen dan para ahli teknik tenaga listrik dari PT Summarecon yang terdiri dari perwakilan manajemen, bagian perencanaan, general manager, manajer site dan inspektor elektrikal serta ahli pendidikan teknik tenaga listrik dari Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dalam bentuk Focus Group Discussion (FGD). Kegiatan FGD dilakukan di PT Summarecon dan di kampus UNY untuk melakukan analisis evauasi diri dengan metode SWOT untuk memetakan kelebihan, kelemahan, peluang dan ancaman. FGD juga dilakukan untuk melakukan identifikasi kebutuhan tenaga kerja PT Summarecon untuk dapat menjadi perusahaan unggul dalam bidangnya. Kegiatan FGD diharapkan menghasilkan identifikasi profil jabatan, tugas utama dan kompetensi kerja yang dibutuhkan untuk mencapai visi dan misi perusahaan. Dari data-data inilah kemudian disusunlah kurikulum dan perangkat pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengembangan Kurikulum

Setelah melalui tahap-tahap analisis evaluasi diri, analisis kebutuhan pasar, identifikasi profil jabatan dan kompetensi yang dibutuhkan didapatkan analisis profil pekerjaan, tugas utama, kompetensi yang diperlukan dan bahan kajian sebagai berikut:

No.	Jabatan	Tugas Utama	Kompetensi Yang Diperlukan	Modul	Bahan Kajian
1.	General Manajer	• Menyusun rencana strategis proyek • Menyusun program kerja • Dst	• Mampu memahami tahapan pekerjaan sesuai SOP. • Mampu memahami prinsip-prinsip gambar kerja dan spesifikasi. • Dst	• Perencanaan dan Perhitungan Pekerjaan Elektrikal • Kendali Mutu Pekerjaan Elektrikal • Metoda Pelaksanaan Elektrikal	• Pengantar Pengetahuan Listrik • Material Peralatan Listrik • Alat ukur dan Pengukuran Besaran Listrik, • Dll
3.	Site Manajer ME	• Memastikan pengawasan mutu • Membuat rencana kerja mingguan. • Dst	• Mampu mengetahui, memahami dan menganalisis kualitas material • Mampu memahami tahapan pekerjaan sesuai SOP. • Dst	• Perencanaan dan Perhitungan Pekerjaan Elektrikal • Kendali Mutu Pekerjaan Elektrikal • Metoda Pelaksanaan Elektrikal	• Pengantar Pengetahuan Listrik • Material Peralatan Listrik • Alat ukur dan Pengukuran Besaran Listrik, • Dll
2.	Inspektor ME	• Melakukan pengawasan mutu pekerjaan infrastruktur ME • Membuat rencana kerja mingguan • Dst	• Mampu mengetahui, memahami dan menganalisis kualitas material MEP Jaringan. • Mampu memahami tahapan pekerjaan sesuai SOP.	• Perencanaan dan Perhitungan Pekerjaan Elektrikal • Kendali Mutu Pekerjaan Elektrikal • Metoda Pelaksanaan Elektrikal	• Pengantar Pengetahuan Listrik • Material Peralatan Listrik • Alat ukur dan Pengukuran Besaran Listrik, • Dll

Selanjutnya dari masing-masing sub modul ditentukan kedalaman dan keluasan materi yang akan diberikan kepada peserta pendidikan dan pelatihan disesuaikan dengan jabatan.

2. Pembahasan

Kurikulum Diklat PT Summarecon bidang keahlian teknik tenaga listrik (elektrikal) dikembangkan bersama antara manajemen, pakar bidang elektrikal dari PT

Summarecon Agung dengan ahli pendidikan teknik listrik dari Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Berdasar kurikulum inilah kemudian disusunlah perangkat pembelajaran yang terdiri dari modul pendidikan dan pelatihan, media pembelajaran dalam bentuk power point dan video pembelajaran untuk memperkuat penyampaian materi kepada peserta.

Pengembangan kurikulum dilakukan dengan teknik FGD yang melibatkan pakar elektrikal dari PT Summarecon yang teridiri dari general manajer, manajer site, inspector MEP, ahli pendidikan teknik dari Universitas Negeri Yogyakarta. FGD dilaksanakan di PT Summarecon Agung Kantor Proyek Serpong Tangerang dan Kampus Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Kegiatan FGD dapat menghasilkan rancangan kurikulum Diklat berdasar analisis jabatan, tugas utama, kompetensi yang dibutuhkan untuk selanjutnya dibuat daftar modul dan bahan kajian yang perlu disampaikan dalam diklat.Berikut ini adalah daftar modul dan pointer yang telah berhasil dikembangkan yaitu:

1. Modul Kendali Mutu Pekerjaan MEP yang terdiri dari 4 sub modul yaitu:
   a. Pengantar Pengetahuan Listrik,
   b. Material Peralatan Listrik,
   c. Alat ukur dan Pengukuran Besaran Listrik,
   d. Standar dan Mutu Pekerjaan Elektrikal
2. Modul Perencanaan dan Perhitungan MEP yang terdiri dari 3 sub modul yaitu:
   a. Dasar Perhitungan Listrik
   b. Perencanaan Instalasi Listrik
   c. Standar Mutu Pekerjaan Listrik
3. Modul Metoda Pelaksanaan MEPyang terdiri dari 3 sub modul yaitu:
   a. Standar pelaksanaan Pekerjaan Elektrikal
   b. Metode Pekerjaan Distribusi Listrik
   c. *Testing* dan *Komisioning*

SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kurikulum pendidikan dan pelatihan bidang keahlian elektrikal PT Summarecon Agung Tbk berhasil dikembangkan dengan pendekatan DACUM yang melibatkan pakar dari PT Summarecon dan ahli pendidikan teknik listrik dari Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Kurikulum pendidikan dan pelatihan bidang keahlian elektrikal PT Summarecon Agung terdiri dari tiga modul yang dirinci menjadi sepuluh sub modul untuk tiga jabatan general manajer, site manajer dan *inspector* MEP dengan kedalaman dan keluasan yang berbeda.
3. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan dalam kurikulum pendidikan dan pelatihan bidang keahlian elektrikal PT Summarecon Agung terdiri dari modul pembelajaran, media pembelajaran dalam bentuk power point dan video pembelajaran.

DAFTAR RUJUKAN

Finch, Curtis R. dan John, R.Crunkilton. (1993), "*Curriculum Development in Vocational and Technical Education, Planning, Content and Implementation*, London: Allyn and Bacon,Inc.

Kementrian Pendiidkan dan Kebudayaan. 2013, *Kerangka Dasar Perubahan Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 Tentang Standar*

Nasional Pendidikan, Jakarta: Bilitbang Kemendikbud. Mida

Rosdakarya, Oemar hamalik. 2006. *Manajemen Pengembangan Kurikulum*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya

Peraturan Pemerintah No.32 Tahun 2013 Rusman. 2012. *Manajemen Kurikulum*. Jakarta: PT RajaGrafindo

Salinan lampiran Permendikbud no. 69 tahun 2013 tentang kurikulum-SMA dan MA.

Undang-undang No. 20 Tahun 2003, *tentang Sistem Pendidikan Nasional Sisdiknas*. Yogyakarta: Media Wacana Press.

Zuhdan Kun Prasetyo, dkk. 2011. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Sains Terpadu Untuk Meningkatkan Kognitif, Keterampilan Proses, Kreativitas serta Menerapkan Konsep Ilmiah Peserta Didik SMP*. Program Pascasarjana UNY.

Pribadiyono, 2015, "*Kemampuan Sumber Daya dan Kompetensi (Capacity Building Organization and Competencies), Makalah Seminar Aplikasi Kompetensi Sumber Daya Manusia Dalam Organisasi, Surabaya*.

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN *(JOBSHEET)* PADA MATA KULIAH PRAKTIK TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Zamtinah[1], Faranita Surwi[2], dan Toto Sukisno[3]
[1]Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
[1]Email: zamtinah@uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan kajian ini adalah untuk: 1. Mengembangkan modul pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. 2. Mengetahui kelayakan modul pembelajaran Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik yang sudah dikembangkan. Yang dimasudkan dengan modul dalam kajian ini adalah bahan ajar yang berbentuk jobsheet.

Metode yang digunakan dalam kajian ini mengacu pada metode R & D yang dikembangkan oleh Borg & Gall dengan tahapan sebagai berikut: 1) analisis kebutuhan melalui studi literatur dan suvei lapangan; 2) perencanaan produk; 3) pengembangan produk; dan 4) finalisasi produk. Instrumen untuk mengetahui kelayakan produk adalah angket skala Likert. Validitas instrumen dilakukan melalui *expert judgment.* Tim penilai kelayakan modul adalah dosen pengampu mata kuliah ketenagalistrikan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY. Data yang terkumpul dihitung reratanya kemudian dianalisis secara deskriptif.

Hasil dari kajian ini adalah bahwa modul pembelajaran yang dikembangkan dalam bentuk *jobsheet* dapat digunakan sebagai bahan ajar pada Mata Kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Berdasarkan penilaian tim, diperoleh data bahwa rerata total tingkat kelayakan modul sebesar 3,58 yang masuk dalam kategori “Sangat Layak”.

Kata Kunci: Jobsheet, Transmisi, Distribusi, Tenaga Listrik

ABSTRACT

The purposes of this study are: (1) developing a learning module that fits the needs of the subject of Power Transmission Practice and Distribution; (2) to know the feasibility of learning module of Electricity Transmission and Distribution Practice which has been developed. What is meant by the module in this study is the instruction material in the form of the worksheet.

The method used in this study refers to the R & D method developed by Borg & Gall with the following stages: 1) needs analysis through literature studies and field surveys; 2) product planning; 3) product development; and 4) product finalization. Instrument to determine the feasibility of the product is a Likert scale questionnaire. Instrument validity is done through expert judgment. The appraisal of the feasibility team of the module is the lecturer of electric power subjects in the Department of Electrical Engineering Education FT UNY. The collected data is calculated and then analyzed descriptively.

The result of this study is that the learning modules developed in the worksheet form can be used as teaching material on the Power Transmission Practice and Distribution Practice Course. Based on the team's appraisal, it is found that the total module feasibility rate of 3.58 is included in the "Very Eligible" category.

***Keywords**: Job sheet, Transmission, Distribution, Electric Power*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat harus dapat diantisipasi oleh lembaga pendidikan untuk dapat menyiapkan mahasiswa dan lulusan siap memasuki dunia kerja sebagaimana yang dirancang dalam kurikulum. Dengan demikian, agar capaian pembelajaran dan profil lulusan dapat dicapai secara optimal, kurikulum harus dirancang secara sistematis. Pengembangan kurikulum di lingkungan FT UNY dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:1) analisis evaluasi diri dan *tracer study* yang melibatkan *stake holder*; 2) perumusan profil lulusan yang melibatkan prodi sejenis pada LPTK seluruh Indonsia; 3) penyusunan capaian pembelajaran; 4)

Pengkajian secara ilmiah; 5) penyusunan struktur kurikulum beserta perangkat pendukungnya.

Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 2010 Pasal 97 mengamanatkan bahwa kurikulum perguruan tinggi yang dikembangkan dan dilaksanakan harus berbasis pada kompetensi (KBK). Dalam rangka menjalankan amanat tersebut, kurikulum yang disusun di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro adalah kurikulum berbasis kompetensi (KBK). Kurikulum berbasis kompetensi adalah kurikulum yang proses penyusunan, pelaksanaan dan evaluasi pembelajaran didasarkan pada kompetensi yang berkembang di dunia kerja. Dengan demikian penerapan kurikulum berbasis kompetensi ini, diharapkan lulusan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro memiliki kompetensi sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan oleh dunia kerja. Kurikulum 2014 mulai diterapkan pada tahun akademik 2015/2016.

Salah satu mata kuliah yang ada di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro adalah adalah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik dengan kode mata kuliah EKO 6245. Pembelajaran Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik mengembangkan kompetensi utuh baik kognitif, afektif maupun psikomotorik. Lingkup mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik meliputi: karakteristik beban R, L, dan C pada sumber DC dan AC, pengecekan urutan fasa, regulai tegangan dan aliran daya pada saluran transmisi sederhana, simulasi drop tegangan dan sudut fasa pada saluran transmisi, parameter yang mempengaruhi aliran daya nyata reaktif, pemakaian transformator untuk meningkatkan kapasitas pemindahan daya, alternator, motor sinkron, saluran panjang dan kapasitor sinkron, operasi motor sinkron pada beban rendah, dan kestabilan peralihan sistem tenaga.

Pelaksanaan kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik dengan menggunakan metode demonstrasi, observasi, praktik, baik individu dan kelompok. Penilaian berbasis kompetensi menggunakan autentik asesmen yang meliputi: kehadiran, sikap taqwa, partisipasi, kerapihan, kerjasama, dan keselamatan kerja, pengetahuan dan keterampilan yang tercermin dari tugas praktik kelompok, laporan praktik individual, dan tes kompetensi (praktik) secara individual.

Pelaksanaan perkuliahan Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, pada tahun akademik 2016/2017, dosen pengampu masih mengalami kesulitan dalam meningkatkan pencapaian kompetensi bagi mahasiswa yang mengikuti perkuliahan mata kuliah ini. Hal ini antara lain disebabkan karena mata kuliah tersebut merupakan mata kuliah baru yang belum memiliki perangkan pembelajaran sama sekali, misalnya belum tersedianya modul, jobsheet, media pembelajaran, fasilitas peralatan praktik, bahan ajar sebagai referensi, dan sebagainya. Belum tersedianya fasilitas dan perangkat bahan ajar mengakibatkan perolehan nilai mahasiswa yang belum memuaskan. Di samping itu pengamatan selama perkuliahan berlangsung, menunjukkan bahwa beberapa mahasiswa yang mengalami kesulitan menerima materi perkuliahan, mahasiswa kurang aktif di kelas, motivasi belajar yang masih rendah. Kondisi tersebut dapat dijadikan bahan evaluasi bagi dosen untuk mencari kemungkinan penyebabnya dan solusinya. Ditinjau dari sisi pengajar, permasalahan tersebut akan dikaitkan dengan cara mengajar, pemilihan strategi pembelajaran, pemilihan metode/model pembelajaran, penggunaan media, umpan balik, pemberian tugas, penilaian, dan evaluasi.

Permasalahan yang dihadapi pada pelaksanaan mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik tersebut perlu diatasi sehingga tidak menghambat penguasaan mata kuliah lain yang bersinergis dengan mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik pada semester berikutnya. Penguasaan terhadap mata kuliah

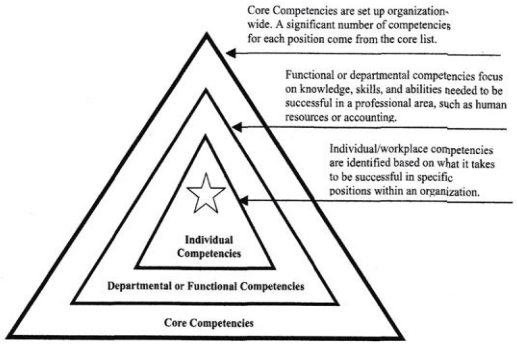
Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik akan mendukung pencapaian kompetensi pada mata kuliah keteknik elektroan seperti: analisis sistem tenaga listrik, operasi sistem tenaga listrik dan mata kuliah lainnya.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan modul pembelajaran sebagai sarana bagi mahasiswa dalam mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan modul pembelajaran berupa jobsheet untuk mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik merupakan hal yang sangat penting. Modul pembelajaran tersebut diharapkan dapat membantu kelancaran pelaksanaan praktikum untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa khususnya pada mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Berdasarkan uraian tersebut, kajian ini bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran berbentuk jobsheet mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik serta mengetahui bagaimana kelayakan modul tersebut.

Kompetensi dalam dunia kerja dapat dijabarkan ke dalam tiga kelompok, yaitu: 1) kompetensi dasar *(foundamental competence)* yaitu kompetensi yang harus dimiliki oleh semua pekerja lintas bidang; (2) kompetensi fungsional, yaitu kompetensi yang mengantarkan seseorang dapat bekerja secara efektif; dan (3) kompetensi personal, yaitu kompetensi yang mendukung pencapaian tujuan individual dan mempersiapkan dirinya mencapai level pekerjaan yang lebih tinggi (Gangani, 2006: 136). Pendapat ini sejalan dengan Kessler & Strasburg yang juga membagi kompetensi ke dalam tingkatan yaitu: kompetensi dalam organisasi secara luas, kompetensi tingkat departemen atau fungsional, dan kompetensi pada tingkat kerja individu.

Berkaitan dengan kompetensi individu, lebih lanjut Kessler & Strasburg (2005:20) menyatakan bahwa: (1) sekumpulan pengetahuan, sikap, dan keterampilan merupakan bagian utama yang berpengaruh terhadap pekerjaan seseorang; (2) kompetensi berkorelasi dengan kinerja; (3) kompetensi dapat diukur atau dibandingkan dengan standar kompetensi yang dapat diterima dengan baik; (4) kompetensi dapat ditingkatkankan melalui pelatihan dan pengembangan.

Pendapat Gangani, Kessler & Strasburg di atas yang menarik untuk disimak adalah bahwa kompetensi personel atau individu yang dimiliki seseorang akan mendukung pencapaian level pekerjaan yang lebih tinggi. Dengan kata lain semakin kuat kompetensi personal, maka semakin tinggi level kompetensi seseorang. Sebagaimana yang diuraikan di dalam SKKNI yang membagi kompetensi kunci ke dalam tiga level atau tingkat disesuaikan dengan kesulitan suatu pekerjaan, yaitu:



Gambar 1. Level pengembangan kompetensi
(Sumber: Kessler & Strasburg, 2005: 19)

Beberapa definisi di atas secara ringkas dapat dikatakan bahwa seseorang dikatakan kompeten atau memiliki kewenangan melaksanakan suatu tugas, jika ia mempunyai tingkatan (level) tertentu dalam hal kecerdasan, keterampilan psikomotorik, dan sikap (norma) yang berhubungan dengan tugas atau pekerjaannya. Oleh sebab itu sudah selayaknya jika materi modul pembelajaran yang diberikan kepada mahasiswa harus

mengacu pada kompetensi yang dibutuhkan lapangan kerja atau DU/DI.

Kompetensi mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik terrangkum dalam Profil Lulusan dan Capaian Pembelajaran sebagaimana yang ada pada Kurikulum 2014 Jurusan Pedidikan Teknik Elektro (JPTE) FT UNY. Adapun profil lulusan mahasiswa JPTE adalah bahwa lulusan dapat berprofesi sebagai: 1) Pendidik Teknik Elektro di Sekolah Menengah Kejuruan; 2) Instruktur teknik elektro di industri, lembaga pendidikan dan pelatihan (diklat) dan Pendidikan Luar Sekolah; 3) Tenaga kependidikan bidang teknik elektro; 4) Teknisi industri bidang teknik elektro; 5) Pranata Laboratorium bidang teknik elektro.

Adapun capaian pembelajaran yang diharapkan dimiliki mahasiswa JPTE dapat dikategorikan ke dalam empat capaian yaitu sikap, pengetahuan, keterampilan umum, dan eterampilan khusus. Dari keempat capaian tersebut yang berkaitan langsung dengan kompetensi yang relevan dengan mata kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik adalah: 1) Pengetahuan tentang pembangkitan, penyaluran, pemakaian, instalasi dan teknik otomasi tenaga listrik pada dunia usaha dan industri yang sesuai dengan standar dan prinsip-prinsip yang berlaku umum dan relevan bidang tenaga listrik dan energi terbarukan; 2) Memahami teori pembangkitan energi listrik secara umum dan efisiensi energi di bidang pembangkitan; 3) Menerapkan standar-standar yang berlaku dalam sistem tenaga listrik atau otomasi industri (PUIL, IEC, IEEE dan standar lainnya); 3) Memahami dan menguasai teori transmisi dan distribusi tenaga listrik; 4) Mengaplikasikan teori pengukuran dan alat ukur parameter listrik.

Berdasarkan profil lulusan dan capaian pembelajaran di atas maka mahasiswa peserta kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik perlu dibekali kompetensi dalam transmisi dan distribusi tenaga listrik mulai dari sistem pembangkitan sampai ke konsumen listrik.

Menurut Daryanto (2013: 9) modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, didalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan didesain untuk membantu peserta didik menguasai tujuan belajar yang spesifik. Modul minimal memuat tujuan pembelajaran, materi/substansi belajar, dan evaluasi. Modul berfungsi sebagai sarana belajar yang bersifat mandiri sesuai dengan kecepatan masing-masing. Hal senada juga disampaikan oleh Purwanto, dkk. (2007: 9) berpendapat bahwa modul ialah bahan belajar yang dirancang secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu dan dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil dan memungkinkan dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu.

Lebih lanjut Rayandra Ayshar (2012: 155) mengemukakan bahwa modul adalah salah satu bentuk bahan ajar berbasis cetakan yang dirancang untuk belajar secara mandiri oleh peserta pembelajaran karena itu modul dilengkapi dengan petunjuk untuk belajar sendiri. Dalam hal ini, peserta didik dapat melakukan kegiatan belajar sendiri tanpa kehadiran pengajar secara langsung.

Beberapa pendapat di atas dapat diambil beberapa unsur dari modul yaitu modul merupakan media cetak, dirancang secara utuh dan sistematis, berisi materi dan metode belajar tertentu, dilengkapi petunjuk untuk belajar mandiri, dan dalam satuan waktu tertentu. Dari unsur tersebut dapat disimpulkan bahwa modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang secara utuh dan sistematis, didalamnya memuat materi dan metode belajar tertentu yang dapat dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu.

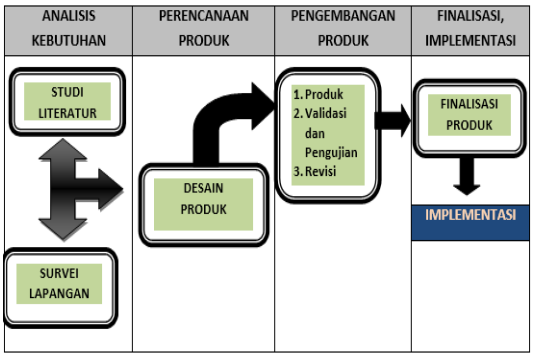
Modul yang dipakai sebagai bahan ajar seharusnya berisi materi, tujuan belajar, batasan dan evaluasi yang disusun secara sistematis dan memuat materi dan metode belajar tertentu yang dapat dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu. Depdiknas (2008: 3-5) menjelaskan bahwa sebuah modul bisa dikatakan baik dan

menarik apabila terdapat karakteristik sebagai berikut: self instructional, self contained, stand alone, adaptif, dan user friendly

Modul pembelajaran yang mampu memerankan fungsi dan perannya dalam pembelajaran yang efektif, modul perlu dirancang dan dikembangkan dengan memperhatikan beberapa elemen yang mensyaratkannya; yaitu format, organisasi, daya tarik, ukuran huruf, spasi kosong, dan konsistensi. (Daryanto, 2013:13-15)

METODE

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 2. Tahapan kajian R & D (Borg & Gall, 1983)

Metode pengumpulan data pada kajian ini kuesioner (angket). Validitas instrumen pada kajian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan instrumen yang didasarkan pada kisi-kisi yang disusun dan pendapat ahli (*expert judgement*). Validator/ahli pada kajian ini adalah Dosen Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNY. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui kelayakan lembar penilaian yang dipakai sebagai instrumen kajian.

Uji reliabilitas pada kajian ini menggunakan rumus *alpha cronbach* yang dipilih berdasarkan jenis instrumen penilaian yang diberikan, yaitu instrumen dengan multi jawaban. Instrumen yang digunakan dalam kajian ini diperoleh besarnya reliabilitas adalah 0,86 atau termasuk kategori Sangat Reliabel.

Langkah analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:1) Mentabulasikan data dalam bentuk skor penilaian oleh ahli materi dan ahl media; 2) Menghitung skor rata-rata dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Skor rata-rata

Σx = Jumlah skor

n = Jumlah responden.

Data kualitatif perhitungan berdasarkan dari tabel kategori kelayakan selanjutnya dijadikan acuan untuk menunjukkan tingkat kelayakan modul sebagaimana tabel berikut:

Tabel 1. Tabel Kategori Kelayakan

Interval		Kategori
Rumus	Hasil Perhitungan	
$X \geq (\bar{x} + 1.SB_x)$	$X \geq 3{,}00$	Sangat Layak
$(\bar{x} + 1.SB_x) > X \geq \bar{x}$	$3{,}00 > X \geq 2{,}50$	Layak
$\bar{x} > X \geq (\bar{x} - 1.SB_x)$	$2{,}50 > X \geq 2{,}00$	Tidak Layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan materi modul dilakukan melalui empat tahapan, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan produk, pengembangan produk, finalisasi dan implementasi produk. Berdasarkan tahapan tersebut, topik atau materi yang dikembangkan menjadi modul pembelajaran terdiri dari 14 materi. Keempatbelas materi di atas merupakan kesepakatan dari tim pengampu ketenagaan dan selanjutnya ditetapkan sebagai materi ajar atau topik dari Mata Kuliah Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik yang diberikan kepada mahasiswa dalam kurun waktu satu semester.

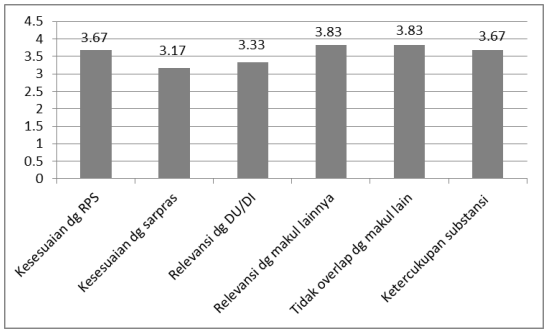
Tabel 2 berikut merupakan hasil penilaian tim pengampu mata kuliah ketenagaan terhadap materi modul.

Tabel 2. Penilaian dosen ketenagaan terhadap materi modul

Responden	Aspek yang dinilai					
	1	2	3	4	5	6
Dosen 1	4	3	3	4	4	3
Dosen 2	3	3	3	3	3	3
Dosen 3	4	4	4	4	4	4
Dosen 4	3	3	4	4	4	4
Dosen 5	4	3	3	4	4	4
Dosen 6	4	3	3	4	4	4
Rerata per item	3.67	3.17	3.33	3.83	3.83	3.67
Rerata total	3.58 (sangat layak)					

Keterangan:
1. Kesesuaian dengan RPS
2. Kesesuaian dengan SarPras
3. Relevansi materi dengan kebutuhan DU/DI.
4. Relevansi dengan makul ketenagaan lainnya
5. Tidak overlap dengan mata kuliah lain
6. Ketercukupan substansi materi

Berdasar pada Tabel 2, penilaian tim dosen ketenagaan terhadap substansi materi modul dapat digambarkan dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Penilaian dosen ketenagaan terhadap subtsansi materi modul

Masukan yang diberikan oleh tim dosen ketenagaan terhadap substansi materi modul adalah: 1) materi ditambah tentang memasang APP 1 dan 3 fasa, memasang saluran distribusi tegangan rendah, menengah, memasang sambungan pelanggan, mengoperasikan *semi automatic change over*, mengoperasikan *automatic voltage regulator* dan *capasitor voltage regulator*, memasang trafo distribusi, dan memasang panel distribusi; 2) Kelengkapan jaringan transmisi dan distribusi harus dapat dipraktikkan; 3) Analisis gangguan simetris dan asimetris: fasa-ground, fasa-fasa, 3 fasa; 4) Lood flow, analisis kontingensi, stabilitas, analisis sekuritas bisa menggunakan ETAP; 5) Praktik penarikan penghantar distribusi; 6) penggunaan software aplikasi diberikan di awal kuliah.

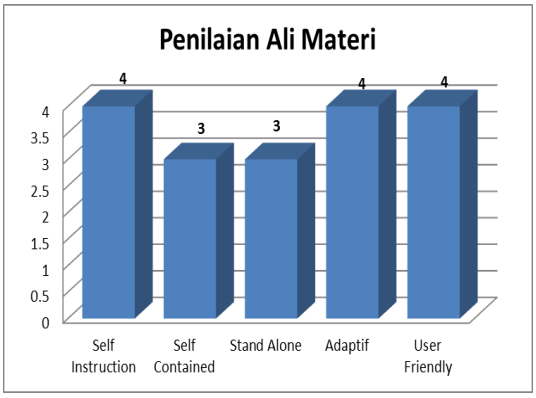
1. Uji kelayakan modul oleh ahli materi

Aspek yang dinilai oleh ahli materi berkaitan dengan *self instruction*, *self contained*, *stand alone*, *adaptif*, dan *user friendly*. Tabel 3 berikut menunjukkan hasil penilaian ahli materi terhadap Modul Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik.

Tabel 3. Penilaian ahli materi terhadap kelayakan modul

No.	Aspek	Skor Penilaian Ahli Materi			Skor Maks.	Rerata	Kategori
		1	2	3			
1	Self Instruction	4	4	4	4	4	Sangat Layak
2	Self Contained	3	3	3	4	3	Layak
3	Stand Alone	3	3	3	4	3	Layak
4	Adaptif	4	4	4	4	4	Sangat Layak
5	User Friendly	4	4	4	4	4	Sangat Layak
Rerata Keseluruhan		3.6					Sangat Layak

Berdasar pada Tabel 3 kategori kelayakan modul menurut ahli materi dapat digambarkan dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Penilaian ahli materi terhadap kelayakan modul

Berdasarkan Gambar 4 penilaian dari ahli materi dapat diperoleh bahwa rerata skor keseluruhan 3,6 yang didapatkan dari rata-rata penilaian tiga orang ahli materi. Dalam kategori kelayakan, modul pembelajaran yang dikembangkan dalam kajian ini dikategorikan "sangat layak".

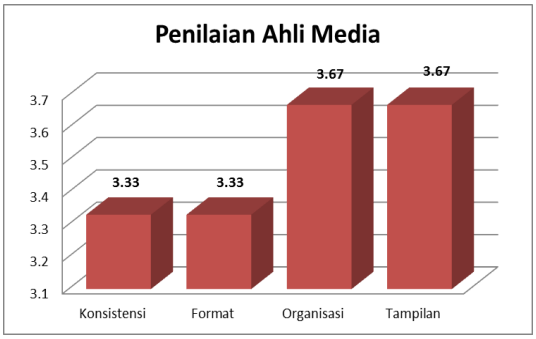
2. Uji Kelayakan Menurut Ahli Media

Pada validasi ahli uji media, modul dinilai oleh tiga ahli media yaitu dosen UNY jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Terdapat empat aspek yang dinilai oleh tim ahli media di antaranya: (1) Konsistensi, (2) Format, (3) Organisasi, dan (4) Tampilan. Data penilaian dari tiga orang ahli media disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Penilaian ahli media terhadap kelayakan modul

No.	Aspek	Skor Penilaian Ahli Materi			Skor Maks.	Rerata	Kategori
		1	2	3			
1	Konsistensi	4	3	3	4	3.33	Sangat Layak
2	Format	4	3	3	4	3.33	Sangat Layak
3	Organisasi	4	3	4	4	3.67	Sangat Layak
4	Tampilan	4	3	4	4	3.67	Sangat Layak
Rerata Keseluruhan		3.53					Sangat Layak

Berdasar pada Tabel 4, kategori kelayakan modul menurut ahli media dapat digambarkan dalam bentuk diagram sebagai berikut:



Gambar 5. Penilaian Ahli Media

Berdasarkan Gambar 5 penilaian dari ahli materi dapat diperoleh bahwa rerata skor keseluruhan 3,53 yang didapatkan dari rata-rata penilaian tiga orang ahli materi. Dalam kategori kelayakan, modul pembelajaran yang dikembangkan dalam kajian ini dikategorikan "sangat layak".

Sebagaimana pembahasan di bagian awal, terdapat dua tujuan yang ingin dicapai pada kajian ini. Pertama bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran yang berbentuk jobsheet pada Mata Kuliah Praktik Transimisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Terdapat 14 materi atau tipik yang dikembangkan dalam modul. Penilaian dilakukan terhadap 6 aspek meliputi kesesuaian modul dengan RPS, kesesuaian isi modul dengan fasilitas praktik yang dimiliki JPTE, relevandi materi dengan kebutuhan DU/DI, relevansi dengan mata kuliah lain, secara ketercukupan secara substansi materi.

Berdasarkan penilaian tim dosen pengampu mata kuliah ketenagaan diperoleh rerata sebesar 3.58. Rerata ini jika merujuk kategori kelayakan termasuk "Sangat Layak".

Masukan yang diberikan oleh tim dosen ketenagaan terhadap substansi materi modul adalah: , 1) materi ditambah tentang memasang APP 1 dan 3 fasa, memasang saluran distribusi tegangan rendah, menengah, memasang sambungan pelanggan, mengoperasikan *semi automatic change over*, mengoperasikan *automatic voltage regulator* dan *capasitor voltage regulator*, memasang trafo distribusi, dan memasang panel distribusi; 2) Kelengkapan jaringan transmisi

dan distribusi harus dapat dipraktikkan; 3) Analisis gangguan simetris dan asimetris: fasa-ground, fasa-fasa, 3 fasa; 4) Lood flow, analisis kontingensi, stabilitas, analisis sekuritas bisa menggunakan ETAP; 5) Praktik penarikan penghantar distribusi; 6) penggunaan software aplikasi diberikan di awal kuliah.

Tanggapan terhadap masukan dari tim dosen mata kuliah ketenagaan tersebut secara prinsip sangan diterima agar materi pembelajaran lebih komprehensif dan pada akhirnya diharapkan dapat memberi bekal kemampuan pada mahasiswa. Akan tetapi di dalam implementasinya, tidak semua masukan tersebut dapat diakomodasi dalam kajian ini karena fasilitas peralatan praktik belum semuanya dimiliki oleh laboratorium ketenagaan yang ada di JPTE.

Tujuan kedua adalah bertujuan untuk mengetahui kelayakan modul jika digunakan dalam pembelajaran. Kelayakan modul ini diukur dengan instrumen angket yang diujikan pada ahli media dan ahli materi yang sebelumnya telah disetujui oleh *expert judgement*. Selain itu modul ini juga diujikan pada pengguna yaitu mahasiswa untuk mengetahui apakah modul ini sudah baik atau belum apabila dipergunakan dalam pembelajaran.

Angket untuk pengujian ahli materi meliputi kelayakan modul dengan aspek *Self Instruction, Self Contained, Stand Alone, Adaptive* dan *User Friendly*, dan berdasarkan penilaian ahli materi mendapat rerata skor total sebesar 3.6 sehingga dapat dikategorikan sangat layak.

Selanjutnya angket untuk pengujian ahli media meliputi Konsistensi, Format, Organisasi, dan Tampilan mendapatkan rerata total 3.53, sehingga dapat dikategorikan sangat layak.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan pengembangan modul pembelajaran Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik dapat diambil kesimpulan berikut: 1) Modul Praktik Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik dikembangkan dengan metode pengembangan Borg & Gall melalui empat tahapan yaitu analisis kebutuhan, desain produk, pengembangan produk, dan finalisasi produk. Pengembangan materi dari modul yang dikembangkan melalui kajian kurikulum, silabus, serta survei kebutuhan lapangan; 2) Penilaian kelayakan modul pembelajaran meliputi aspek materi dan media. Hasil uji komponen ahli materi mendapatkan kategori "sangat layak" dengan rerata skor sebesar 3,6 dari nilai skor maksimal 4, rerata skor total dari hasil uji ahli media sebesar 3,53 dari nilai skor maksimal 4 sehingga termasuk dalam kategori "sangat layak"

DAFTAR RUJUKAN

Borg, W. R. & Gall, M. D. (1983). *Educational research an introduction*. New York: Longman.

Daryanto (2013) *Menyusun Modul: Bahan ajar untuk persiapan guru dalam mengajar*. Yogyakarta: Gava Media

Depdiknas Ditnaga (2008) *Penulisan Modul*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional

Djemari Mardapi (2008) *Teknik penyusunan tes dan non tes.* Yogyakarta: Mitra Cendekia Press

Gangani, N., et. al. (2006). *A competence-based human resource development strategy*. Performance improvement quarterly, 19.1, 127-140. http://proquets.umi.com/ pqdweb. Diakses 10 Januari 2014

Keputusan Menteri Tenaga Kerja Transmigrasi dan Koperasi Republik Indonesia No. KEP.170/MEN/IV/2007 tentang SKKNI Sektor Listrik Sub Sektor Ketenagalistrikan.

Kessler, R. & Strasburg, L. A. (2005) *Competencies-based resumes: How to bring your resume to the top of the pile?* Franklin Lakes: The Career Press, Inc.

Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan

Purwanto, dkk. (2007) *Pengembangan Modul*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

Rayandra Asyhar (2012) *Kreatif mengembangkan media pembelajaran.* Jakarta: Referensi Jakarta

PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGIRIMAN DATA DIGITAL BERBASIS VLC DENGAN LED DAN PHOTOTRANSISTOR *ARRAY*

Retno Renggani Nugroho[1], Inung Wijayanto[2], Sugondo Hadiyoso[3]
[1]Mahasiswa S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: rrenggani@student.telkomuniversity.ac.id
[2]Dosen S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: iwijayanto@telkomuniversity.ac.id
[3]Dosen D3 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: sugondo.hadiyoso@gmail.com

ABSTRAK

Visible Light Communication (VLC) adalah sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasinya. Perkembangan VLC didasarkan atas pelarangan penggunaan frekuensi radio di beberapa tempat serta meningkatnya penggunaan LED. Kelebihan LED yaitu mengkonsumsumsi daya rendah serta memiliki kecepatan *switching* yang tinggi sehingga cocok untuk mentransmisikan data. Pada penelitian ini dirancang prototipe VLC dengan LED *array* dan phototransistor *array*. Prototipe ini mengirimkan data digital berupa teks dalam berbagai ukuran. Pengujian dilakukan dengan kombinasi jarak dan bitrate yang berbeda-beda. Prototipe dapat mengirim dan menerima data pada jarak 1-100 cm kecepatan 2400, 4800, dan 9600 bps.

Kata Kunci: VLC, LED, Phototransistor, *Array.*

ABSTRACT

Visible Light Communication (VLC) is a communication system using visible light as information carrier. The development of VLC is based on the some banning of radio frequency usage and the increasing use of LEDs. LED consumes low power and has high switching speed, which suitable for transmitting data. This study designed VLC prototype with LED array and phototransistor array that sends digital data of text in various sizes. Test is done by combination of different distance and bitrate. As results, this prototype can send and receive data at distance 1-100 cm and speed 2400, 4800, and 9600 bps.

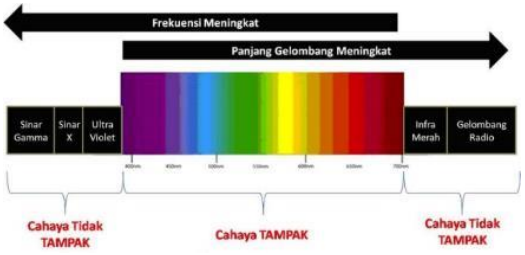
Keywords: *VLC, LED, Phototransistor, Array.*

PENDAHULUAN

Teknologi nirkabel semakin berkembang dari waktu ke waktu dan gelombang radio masih menjadi pilihan utama sebagai pembawa informasi. Namun ada beberapa kelemahan gelombang radio diantaranya adalah pelarangan penggunaan frekuensi radio di beberapa tempat (UU NO 1, 2009: Pasal 54) serta semakin terbatasnya frekuensi radio yang tersedia (Denny Setiawan, 2010: 14-15). Dengan adanya permasalahan tersebut mendorong munculnya pemanfaatan pembawa informasi lain yang ada pada spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu cahaya tampak. Teknologi yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasi disebut *Visible Light Communication* (VLC).

Semakin maraknya penggunaan LED dikalangan masyarakat menjadi pendukung berkembangnya VLC. Cahaya tampak yang digunakan pada VLC bersumber dari LED. LED dipakai karena memiliki kecepatan *switching* yang tinggi, mengkonsumsi daya rendah, dan murah, sehingga cocok jika digunakan sebagai bagian dari teknologi komunikasi nirkabel cahaya tampak ini (Sumit Jaykant Meshram, 2016: 1). Teknologi ini merupakan pengembangan teknologi serat optik yang menggunakan cahaya sebagai pembawa informasi melalui media transmisi berbahan kaca, sehingga sangat mungkin jika

cahaya tampak dari LED dapat pula dimana media transmisinya adalah udara seperti pada teknologi *wireless* sebelumnya



Gambar 1. Spektrum gelombang elektromagnetik

Penelitian ini merancang sebuah prototipe berupa *transceiver*, dimana perangkat dapat berperan baik sebagai pengirim maupun penerima.Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya (Nenggala Yudhabrama, 2017: 60) dimana prototipe hanya dapat melakukan pengiriman data sejauh 15 cm dengan kecepatan 4800 bps, 9600 bps, dan 19200 bps. Pada prototipe ini,di bagian pengirim terdapat LED *array* yang memancarkan cahaya tampak untuk mengirimkan data digital berupa teks, data tersebut kemudia diterima oleh *phototransistorarray* di bagian penerimannya. Dari prototipe ini akan dianalisa pengaruh jarak dan bitrate pada pengiriman data digital berupa teks yang mempunyai ukuran berbeda-beda.

Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) merupakan salah satu jenis sistem komunikasi optik *unguided* yang menggunakan cahaya tampak sebagai pembawa informasi, udara sebagai media transmisi, dan *phototransistor* sebagai komponen penerimanya (Liju Sajan, 2015: 53). Pada frekuensi gelombang elektromshnmrtik, cahaya tampak mempunyai rentang frekuensi 430 THZ -750 THz, dimana rentan frekuensi tersebut lebih besar daripada rentan frekuensi gelombang radio 3 kHZ – 300 GHZ. Dengan rentan frekuensi yang besar membuat cahaya tampak mempunyai *bandwith* yang lebar serta dapat mengakomodasi lebih banyak *user* dan juga mengirimkan informasi yang mengggunakan gelombang radio sebagai pambawanya.
berpotensi mempunyai kecepatan transfer data yang tinggi(Liju Sajan, 2015: 53). Pengembangan VLC lebih difokuskan untuk pengaplikasian *indoor*.

Light Emitting Diode

Light Emitting Diode (LED) adalah komponen elektronika yang mengemisi cahaya dari arus yang diterima (Keiser Gerd, 2000: 139). Lampun LED sudah banyak digunakan masyarkat sebagai sumber penerangan pengganti lampu neon karena sifatnya yang hemat daya dan murah. LED akan menyala ketika mengirimkan logika 1 dan mati ketika mengirimkan logika 0.LED mempunyai kecepatan switching yang sangat cepat hingga tidak dapat terlihat langsung oleh mata kita. Di dalam LED terdapat sambungan semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n yang diberi *forward bias*. Elektron akan berada pada pita valensi apabila tidak ada arus yang mengalir, namun apabila arus yang diberikan memiliki energi yang lebih besar daripada *energy gap* maka elektron-elektron yang berada pada pita valensi akan berpindah ke pita konduksi. Emisi LED termasuk emisi spontan, hal tersebut yang menyebabkan pancaran cahaya LED bersifat menyebar.

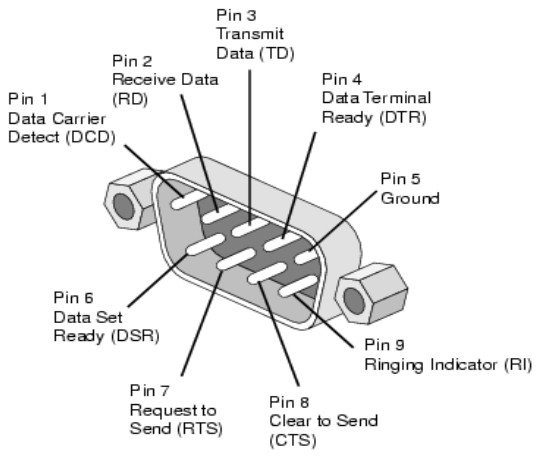
Phototransistor

Transistor yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dan mempunyai penguat internal disebut p*hototransistor*.Cara kerja *phototransistor* hampir sama dengan transistor lain, arus pada basis transistor dikalikan untuk memberikan arus pada kolektor. Pada *phototransistor*, arus basis dikendalikan oleh jumlah cahaya yang diterimanya. Dengan demikian, *phototransistor* biasanya hanya memiliki dua kaki yaitu kolektor dan emitor, untuk terminal basisnya berbentuk lensa yang berfungsi sebagai sensor pendeteksi cahaya. Arus yang

mengalir dari kolektor ke emitor akan semakin besar apabila terminal basis pada *phototransistor* menerima intensitas cahaya yang tinggi.

Komunikasi Serial RS 232

Transfer data dalam sebuah sistem umumnya dilakukan secara paralel. Bit-bit data yang akan dikirim secara paralel pada waktu yang sama melalui suatu sistem digital. Untuk mentransfer data pada jarak jauh lebih baik mengirimkan data dalam bentuk serial. Data yang dikirim dari sistem dikonversi menjadi bit serial dan satu bit ditransfer pada satu jalur ke sistem penerima pada satu waktu. Pada penerima, data akan direkonstruksi dari serial menjadi paralel (Liju Sajan, 2015: 53).Prinsip komunikasi RS 232 adalah komunikasi asinkron, dimana sinyal *clock* pada komunikasi ini tidak disertakan bersama data namun dibangkitkan pada masing-masing pengirim dan penerima. Untuk melakukan sinkronisasi maka setiap kali pengiriman data disertakan sebuah *start* bit dan sebuah *stop* bit. Maka *frame* data yang dikirimkan susunannya adalah*start* bit, bit-bit data, paritas dan diakhiri dengan *stop* bit.Kecepatan transfer data pada komunikasi serial asinkron cukup beragam, 2400, 4800, 9600, 19200 bps. Komponen yang biasa dipakai sebagai penghubung RS 232 adalah konektor DB9.



Gambar 2. Fungsi dari setiap pin DB9(www.db9-pinout.com, 2014)

LED dan *Phototransistor Array*

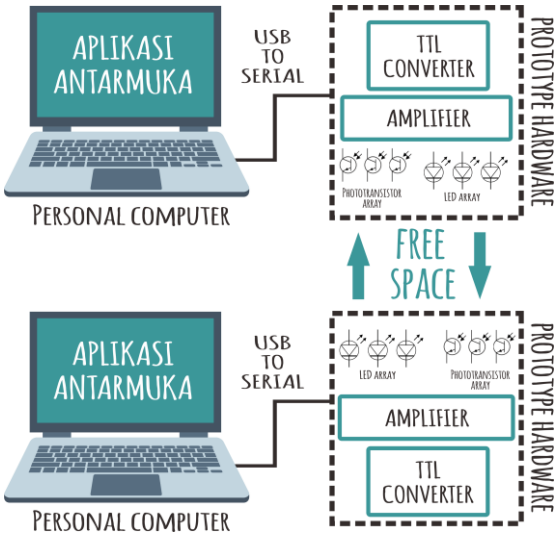
LED yang disusun *array* dapat mendukung beberapa aliran data bersamaan serta memberikan intensitas iluminasi yang memadai (Chaopei Wu, 2014: 1). Dengan disusunnya LED *array* maka akan memperluas jangkauan pancaran dari LED. *Phototransistor* yang juga disusun *array* akan memiliki cakupan daerah penerimaan yang lebih luas pula.

METODE

Perancangan sistem komunikasi berbasis cahaya tampak ini dimulai dari studi kepustakaan guna mempelajari teori mengenai komponen-komponen yang akan digunakan untuk merancang prototipe VLC serta komunikasi serial. Langkah selanjutnya yang penulis lakukan adalah analisis perancangan perangkat keras sesuai dengan ilmu yang telah didapatkan dari studi kepustakaan sebelumnya. Setelah menganalisis rangkaian perangkat keras, maka penulis melakukan implementasi perangkat keras. Tahapan terakhir yang penulis lakukan adalah menganalisis performansi perangkat keras dengan melakukan beberapa percobaan pada ukuran data dengan kombinasi jarak dan kecepatan yang berbeda-beda.

Perancangan Sistem

Sistem menggunakan dua prototipe berupa *transceiver*, sehingga masing-masing prototipe dapat melakukan pengiriman (*transfer)* maupun penerimaan (*receive*) informasi. Kedua prototipe masing-masing dihubungkan ke sebuah *Personal Computer* (PC) yang telah terpasang perangkat lunak berupa aplikasi antarmuka untuk memudahkan *user* dalam melakukan pengiriman data. Untuk menghubungkan antara prototipe dengan PC digunakan konektor DB9.Model sistem dari prototipe yang dirancang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Model sistem

Dari model sistem diatas dapat diketahui aliran data awal berasal dari *Personal Computer* (PC). Di PC terdapat aplikasi antarmuka yang menjembatani antara *user* dengan perangkat keras. Data dari PC dikirim melalui USB *to* serial ke perangkat keras, pada perancangan kali ini digunakan konektor DB9. Dari konektor DB9, data masuk ke modul RS 232 *to* TTL untuk mengubah tegangan RS-232 menjadi level tegangan *transistor-transistor logic* (TTL) agar nantinya dapat diproses lebih lanjut. Dari blok TTL *converter*, masuk ke blok*amplifier*dimana terdapat IC 7414 *Scmitt Trigger hex inverter* sebagai perangkat penguat. Dengan adanya proses ini maka sinyal yang masuk akan dikuatkan dan *noise* akan berkurang sebelum diproses lebih lanjut. Dari blok *amplifier*, masuk ke blok LED, sebagai penghasil cahaya tampak.Pada penelitian kali ini digunakan *High Power* LED 3 watt yang disusun *array* secara paralel, tujuannya adalah saat ada satu LED yang terputus maka LED lain akan tetap menyala. Selain hal tersebut, pada rangkaian paralel nyala lampu lebih terang daripada rangkaian seri karena arus yang didapatkan antar LED dialokasikan untuk masing-masingLED bukan untuk dibagi-bagi untuk semua LED di rangkaian seperti pada rangkaian seri. Cahaya LED akan membawa sinyal berisi informasi yang dikirimkan ke penerima.

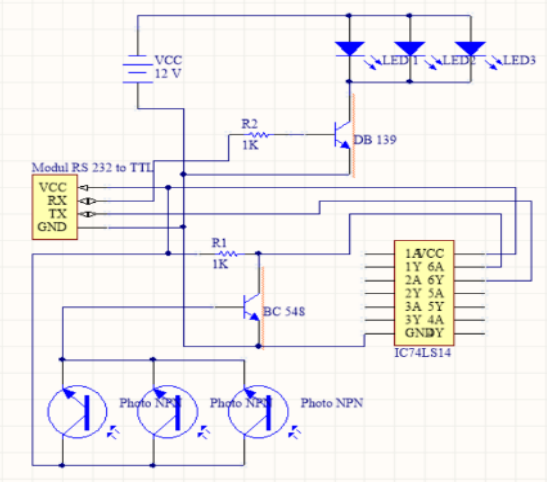
Pada rangkaian prototipe penerima digunakan *phototransistor* jenis L14G1 yang disusun *array* sebagai penerima sinyal berisi informasi dari pengirim. *Phototransistor* disusun *array* secara paralel karena pada rangkaian paralel ketika ada satu *phototransistor* yang terlepas dari rangkaian maka *phototransistor* lain masih dapat bekerja dengan baik. Sinyal yang diterima oleh *phototransistor* masuk ke blok *amplifier* untuk dikuatkan. Dari blok *amplifier*, masuk ke blok TTL *converter* berupa modul RS 232 *to* TTL digunakan untuk mengubah tegangan dari sinyal yang telah dikuatkan oleh IC 7414 berupa level tegangan TTL menjadi tegangan RS-232 untuk kemudian diteruskan ke konektor DB-9. Dari konektor DB9, informasi diteruskan ke PC dan diterjemahkan oleh aplikasi antarmuka agar dapat dibaca dengan mudah oleh *user*.

Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian perangkat keras *tranceiver*, LED berperan sebagai sumber cahaya yang akan membawa informasi dan *phototransistor* berfungsi sebagai penerimanya. Selanjutnya, *phototransistor* akan mengubahnya menjadi sinyal listrik sebelum direkonstruksi kembali menjadi informasi awal. Selain itu, digunakan pula berbagai komponen lain seperti terlihat pada desain skematik prototipe pada gambar 3.

Berikut ini adalah komponen-komponen yang digunakan pada masing-masing prototipe *transceiver*, yaitu :

- Adaptor 12 V 220mA = 1 buah
- Kabel USB to serial = 1 buah
- Modul RS 232 to TTL = 1 buah
- Resistor 1 K = 2 buah
- Transistor BC 548 = 1 buah
- Transistor DB 139 = 1 buah
- IC 74LS14 = 1 buah
- *High Power* LED 3 watt = 3 buah
- *Phototransistor*L14G1 = 3 buah



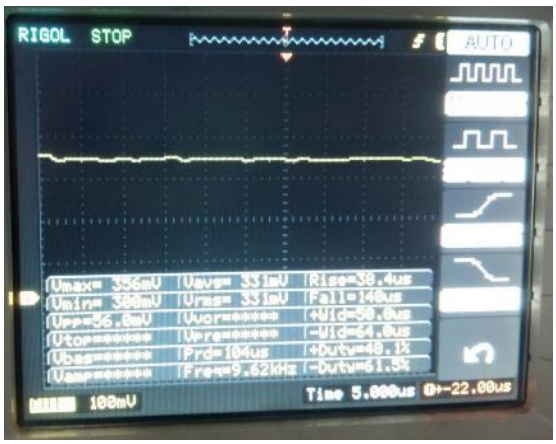
Gambar 3. Desain rangkaian

Modul RS 232 to TTL digunakan untuk mengubah tegangan RS 232 ke level tegangan TTL agar dapat diproses lebih lanjut. Sedangkan IC 74LS14 *Scmitt Triggerhex inverter* berfungsi sebagai *amplifier*.Untuk LED dan *phototransistor* disusun *array* secara paralel. Rangkaian paralel mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan rangkaian seri, diantaranya adalah jika salah satu sambungan LED atau *phototransistor* terputus, maka komponen lain akan tetap menyala, selain itu nyala lampu pada rangkaian paralel lebih terang daripada rangkaian seri karena arus yang diterima setiap lampu sama. Keuntungan lainnya adalah tegangan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rangkaian paralel juga lebih rendah daripada rangkaian seri.

Penguatan Pada *Amplifier*

Operational Amplifier (Op-Amp) merupakan penguat tegangan berupa differensial *amplifier*, *common emitter amplifier* dan bagianumpan balik negatif yang dibuat dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC). Ada dua jenis penguatan Op-Amp, yaitu *Op-AmpInverting* dan *Op-Amp non-Inverting*.

Op-AmpInverting adalah rangkaian *Op-Amp*yang bekerja sebagai penguat tegangan pembalik. Hasil penguatan dari *Op-AmpInverting* akan berbeda fase 180^{o} dari tegangan inputnya. Apabila input berupa tegangan positif, maka output akan berupa tegangan negatif, dan sebaliknya.



Gambar 4. Input Op-Amp inverter

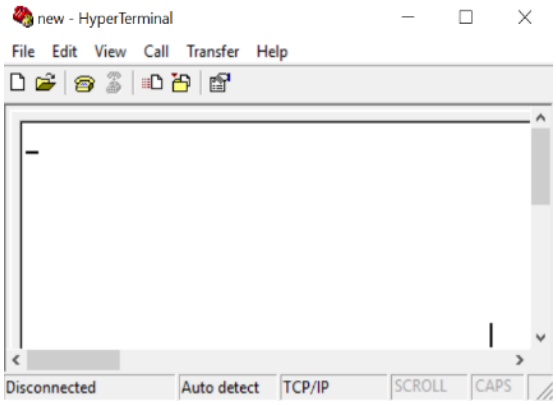
Gambar 4. Output Op-Amp inverter

Pada rangkaian digunakan *amplifier* berupa IC 74LS14 *Scmitt Triggerhex inverter*. Masukan *Op-Amp* sebesar 356 mV setelah mendapat penguatan dari *Op-AmpInverting* tegangan berubah menjadi -2.24 V.

Aplikasi Antarmuka

Guna mempermudah *user* dalam mengirimkan teks digital, digunakan aplikasi komunikasi serial *Hyper Terminal*. Alasan digunakannya aplikasi ini adalah aplikasi ini telah ada di masyarakat serta mudah di unduh dan digunakan oleh masyarakat. Selain kelebihan tersebut, kelebihan lain aplikasi *Hyper Terminal*yaitu aplikasi iniakan mencoba mengirimkan kembali file secara otomatis apabila terjadi kegagalan pengiriman.Perlu adanya beberapa pengaturan pada proses pertukaran data diantaranya

adalah di sisi pengirim dan penerima *baud rate* besarnya harus sama. Jika besar *baud rate* berbeda, maka akan terjadi kegagalan pengiriman informasi.

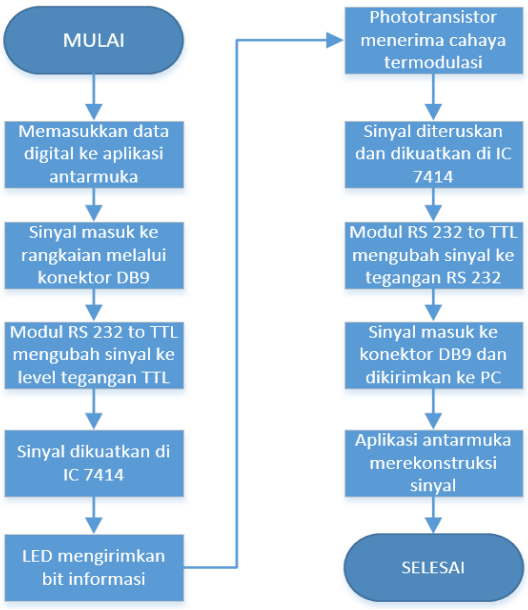


Gambar 4. Aplikasi *Hyper Terminal*

Melalui *dialog box baud rate* di aplikasi antarmuka, kita dapat memilih beberapa nilai baud rate yaitu 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps, 38400 bps, dan 57600 bps.

Diagram Alir Kerja Sistem

Gambar dibawah adalah diagram alir kerja sistem mulai dari pengiriman data sampai penerimaan di sisi penerima.



Gambar 4. Diagram kerja sistem

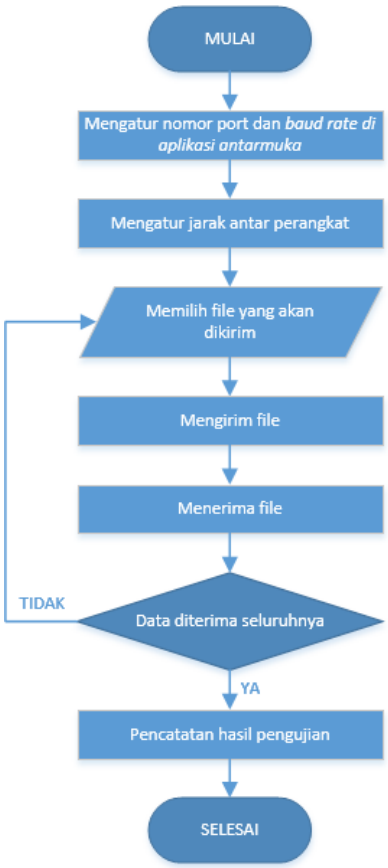
Proses pengiriman dimulai dari memasukkan data ke aplikasi antarmuka. Sebelum melakukan pengiriman, harus dipastikan bahwa *baud rate* antara pengirim dan penerima sama besar. Pada sisi penerima harus di atur lokasi yang di gunakan untuk menyimpan data yang diterima sebelum melakukan penerimaan data. Setelah apliasi di sisi pengirim dan penerima telah siap, maka data siap dikirim. Data yang berasal dari PC pengirim masuk ke rangkaian melalui kabel USB to serial. Pada ujung kabel terdapat konektor untuk menghubungkan ke rangkaian, konektor tersebut adalah konektor DB9. Dari konektor DB9, sinyal masuk ke modul RS 232 *to* TTL, lalu modul tersebut akan merubah tegangan RS 232 ke level tegangan TTL agar dapat diproses lebih lanjut. Selanjutnya sinyal akan dikuatkan oleh *amplifier*. Dari *amplifier*, sinyal akan dikirimkan ke penerima melalui cahaya tampak yang dipancarkan oleh LED. Di sisi penerima cahaya berisi sinyal informasi akan diterima oleh *phototransistor*. Kemudian sinyal informasi akan diteruskan ke *amplifier* untuk mendapatkan penguatan. Dari *amplifier* sinyal masuk ke modul RS 232 *to* TTL untuk mendapatkan perubahan tegangan dari tegangan TTL ke tegangan RS 232. Dari modul ini, sinyal informasi masuk ke PC penerima melalui konektor DB9 dan kabel USB to serial. Di sisi penerima aplikasi antarmuka akan membaca data yang diterimanya.

Skenario Pengujian

Analisis pengujian prototipe dilakukan dengan kombinasi jarak dan bitrate yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan dengan kombinasi jarak antara 1-100 cm serta kecepatan 2400, 4800, dan 9600 bps.

Pengujian dimulai dengan mengatur aplikasi antarmuka dan memastikan bahwa *baud rate* antara pengirim dan penerima sama besar. Percobaan dilakukan pada kecepatan 2400 bps, 4800 bps, dan 9600 bps. Langkah selanjutnya adalah mengatur jarak antara pengirim dan penerima. Jarak yang digunakan adalah 10cm, 30 cm, 70 cm, dan yang tarakhir 100 cm. Setelah itu pengujian dilakukan

dengan memilih file berukuran 80 KB untuk 12 kali percobaan pertama, 500 KB untuk 12 kali percobaan selanjutnya dan 1500 KB untuk percobaan terakhir. Setelah memilih ukuran file, maka sistem siap mengirimkan data digital berupa teks ke penerima.



Gambar 5. Diagram alir pengujian

Percobaan dianggap berhasil apabila telah dipastikan file yang dikirim dari PC pengirim ada di PC penerima dan tidak mengalami kerusakan. Setelah dipastikan bahwa file tidak mengalami kerusakan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pencatatan hasil percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian prototipe telah dipastikan bahwa data digital berupa teks yang dikirim, diterima tanpa adanya kerusakan di sisi penerima dan didapatkan data yang disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian prototipe

No	Ukuran file	*Baud rate*	Jarak	Ket
1.	80 KB	2400	10 cm	Berhasil
2.			30 cm	Berhasil
3.			70 cm	Berhasil
4.			100 cm	Berhasil
5.		4800	10 cm	Berhasil
6.			30 cm	Berhasil
7.			70 cm	Berhasil
8.			100 cm	Berhasil
9.		9600	10 cm	Berhasil
10.			30 cm	Berhasil
11.			70 cm	Berhasil
12.			100 cm	Gagal
13.	500 KB	2400	10 cm	Berhasil
14.			30 cm	Berhasil
15.			70 cm	Berhasil
16.			100 cm	Berhasil
17.		4800	10 cm	Berhasil
18.			30 cm	Berhasil
19.			70 cm	Berhasil
20.			100 cm	Berhasil
21.		9600	10 cm	Berhasil
22.			30 cm	Berhasil
23.			70 cm	Gagal
24.			100 cm	Gagal
25.	1500 KB	2400	10 cm	Berhasil
26.			30 cm	Berhasil
27.			70 cm	Berhasil
28.			100 cm	Berhasil
29.		4800	10 cm	Berhasil
30.			30 cm	Berhasil
31.			70 cm	Berhasil
32.			100 cm	Berhasil
33.		9600	10 cm	Berhasil
34.			30 cm	Berhasil
35.			70 cm	Gagal
36.			100 cm	Gagal

SIMPULAN

Dari hasil pengujian prototipe didapatkan hasil bahwa prototipe VLC dengan LED *array* dan *phototransistor array* dapat meningkatkan jangkauan jarak pengiriman dibandingkan dengan VLC dengan LED dan *phototransistor* tunggal. Untuk memperkuat

sinyal informasi yang akan dikirim maupun yang akan diterima dapat digunakan IC 74LS15 *Scmitt Triggerhex inverter*. Berdasarkan analisis pengujian prototipe, didapatkan hasil bahwa prototipe dapat mengirimkan data dengan baik pada jarak 100 cm dengan kecepatan 4800 bps.

DAFTAR RUJUKAN

D-sub 9 Connector Pinout. https://www.db9-pinout.com/, 7 Oktober 2017.

Denny Setiawan. (2010). *Alokasi Frekuensi, Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia*. Jakarta: Departemen Komunikasi dan Informatika.

Keiser, G. (2000). *Optical Fiber Communications, 3rd Ed*. Boston: McGraw Hill.

Meshram, S.J & Wadhe, A.P. (2016)*Secure data transfer using visible light communication Technique.* IJIERE, Vol. 3.

Presiden Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Penerbangan. Pasal 54 poin f.

Sajan, L & Mathew, L. (2015). *Wireless Data Transfer Using Visible Light Communication.* IJRET, Vol. 4.

Wu, C & Zhang, H. (2014). *On Visible Light Communication Using LED Array with DFT-Spread OFDM*. IEEE.

Yudhabrama, N. (2017). *Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication.*Bandung.

PENGENDALIAN LINGKUNGAN PADA BUDIDAYA BUNGA KRISAN BERBASIS TOP COYS (*AUTOMATED PLANT CONTROLLING SYSTEMS*)

Haris Erdyanto[1], Arif Lutfi Fuadi[2], Galih Jefry Sagita[3], dan Masruroh[4]
[1, 2, 3, 4] Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
[1]Email: haris.erdyanto@student.uny.ac.id
[2]Email: arif.lutfi@student.uny.ac.id
[3]Email: galih.jefry@student.uny.ac.id
[4]Email: masruroh.2015@ student.uny.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan pasar DIY terhadap bunga krisan mencapai 5.000 ikat dalam seminggu. Petani DIY hanya mampu memenuhi permintaan pasar 30%, sedangkan untuk memenuhi pasar mengandalkan pasokan dari Bandung, Pasuruan dan Malang. Tujuan dari penerapan TOP COYS (*Automated Plant Controlling Systems),* adalah untuk mengetahui produktivitas petani krisan setelah menggunakan teknologi TOP COYS. Produktivitas tanaman krisan dengan penggunaan TOP COYS naik menjadi 84%. Keuntungan petani meningkat menjadi Rp 675.000,00.

Kata Kunci: suhu, kelembaban, ASTHA BUNDA

ABSTRACT

The market demand of Chrysanthemum in Yogyakarta Special Region (DIY) reaches 5,000 bundles in a week. DIY farmers can only supply 30% of the market demand, while to fulfill the demand the market relies on the supply from Bandung, Pasuruan, and Malang. The purpose of the implementation of TOP COYS (Automated Plant Controlling Systems) is to find out the productivity of chrysanthemum farmers after using TOP COYS. The productivity of chrysanthemums with the use of TOP COYS increases around 84%. Farmers' profit increases to Rp 675.000,00.

Keywords*: temperature, humidity, ASTHA BUNDA*

PENDAHULUAN

Tanaman bunga krisan merupakan salah satu jenis tanaman bunga potong yang banyak dibudidayakan di Indonesia, meskipun tanaman ini bukan tanaman asli Indonesia. Bunga krisan disebut juga bunga seruni yangdalam bahasa latinnya yaitu *Chrysanthemum* sp. Minat petani untuk membudidayakan tanaman krisan secara komersial senantiasa meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan pasar domestik maupun internasional terhadap bunga potong ini. Direktorat Budidaya Tanaman Hias Departemen Pertanian, menyatakan Kebutuhan pasar terhadap bunga krisan khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) mencapai 5.000 ikat dalam seminggu. Sementara itu petani lokal DIY hanya mampu memenuhi permintaan pasar sebesar 30% saja, sedangkan kekurangan kebutuhan pasar masih mengandalkan pasokan dari Bandung, Pasuruan dan Malang. [1]. Tanaman Krisan dapat tumbuh dengan baik di dataran tinggi dengan ketinggian 700-1.200 mdpl dan pH tanah optimal 5,6-6,5. Tanaman krisan membutuhkan suhu hangat untuk pertumbuhannya. Suhu terbaik untuk pertumbuhan krisan yaitu $\pm 24^0$C pada siang hari dan $\pm 18^0$C pada malam hari. Selain itu selama pertumbuhan dan perkembangan

tanaman krisan membutuhkan air yang memadai. [2]. Kelembaban udara juga berpengaruh terhadap pertumbuhan bunga krisan. Tanaman krisan membutuhkan kelembaban 90-95% pada awal pertumbuhan untuk pembentukan akar. Sedangkan pada tanaman dewasa, pertumbuhan optimal dicapai pada kelembaban udara sekitar70-85%.[3]. Berdasarkan tanggap tanaman terhadap panjang hari, krisan tergolong tanaman berhari Pendek fakultatif. Batas kritis panjang hari (*Critical Daylenght*-CDL) krisan sekitar 13,5-16 jam tergantung genotipenya. [4]. Di Indonesia kebutuhan penyinaran tanaman krisan tersebut tidak dapat terpenuhi karena Indonesia berada di wilayah tropis dengan lama penyinarannya rata-rata hanya 12 jam sehari. Penyinaran diberikan segera setelah tanam selama 4 jam secara *cyclic* pada malam hari dari pukul 22.00 sampai pukul 02.00. Tanaman krisan membutuhkan penyinaran lebih dari 13 jam setiap harinya untuk dapat tumbuh secara vegetatif pada masa 0-60 hari setelah tanam. [5]

ASTHA BUNDA adalah kelompok tani yang ada di wilayah lereng gunung Merapi, tepatnya di Kaliurang-Sleman- DIY yang membudidayakan bunga Krisan. Kelompok tani ASTHA BUNDA beranggotakan 20 petani dan menghasilkan produksi bunga krisan sekitar 1.346,06 ikat setiap musim tanam. Jumlah produksi ini masih sangat kurang untuk memenuhi permintaan pasar di DIY. Pembeli hasil panen bunga Krisan dari kelompok tani ini dari berbagai kalangan seperti hotel, rumah makan, kantor, dan perakit karangan bunga serta masyarakat umum di DIY. Selain untuk memenuhi kebutuhan bunga Krisan di DIY saja yang belum mencukupi, pasar dari bunga Krisan ini juga masih sangat terbuka lebar untuk daerah lainnya terutama daerah Jawa Tengah

Permasalahan yang dihadapi kelompok petani ASTHA BUNDA dalam meningkatkan produksinya terutama adalah dalam menciptakan kondisi lingkungan sesuai kebutuhan tanaman bungan krisan, diperparah dengan perubahan musim saat ini yang tidak menentu. Kondisi lingkungan ini terdiri dari parameter suhu, kelembaban, penyiraman, pH tanah, dan penyinaran cahaya. Kesulitan ini menyebabkan produktivitas dan kualitas bunga tidak maksimal sehingga keuntungan yang didapatkan oleh petani kurang maksimal. Rata-rata produktivitas petani ASTHA BUNDA saat ini sekitar 7.000 batang dan tingkat mortalitas tanaman rata-rata 70% per *green house* serta kualitas bunga dilihat dari kecerahan warna bunga kurang maksimal.

Selama ini berbagai upaya telah dilakukan oleh kelompok ini untuk meningkatkan produktivitasnya, antara lain dengan melakukan pencahayaan tambahan dengan lampu TL, dan penyiraman tanaman secara rutin serta dengan penambahan larutan kimia. Meskipun dengan upaya yang sudah dilakukan ini petani sudah mengeluarkan biaya tambahan, tetapi belum bisa meningkatkan produktivitas secara maksimal.

Model yang dihasilkan program PKM ini bersama dengan kelompok tani ASTHA BUNDA diimplementasikan untuk memberikan solusi permasalahan tersebut dengan menyediakan alat pengontrol sekaligus manipulasi lingkungan menggunakan sensor serta dapat bekerja secara otomatis. Teknologi ini berfungsi untuk mengendalikan suhu, kelembaban serta lama pencahayaan. Apabila salah satu variabel yang dimonitoring tidak sesuai dengan ekosistem bunga krisan yang diharapkan maka alat tersebut akan memberikan perlakuan tertentu sehingga ekosistem dapat sesuai dengan temapt tumbuh bunga krisan yang ideal. Khusus pengaturan pencahayaan digunakan lampu LED UV hemat energi dengan lux sesuai kebutuhan tanaman krisan yang dapat menyala secara otomatis sesuai dengan keinginan petani.

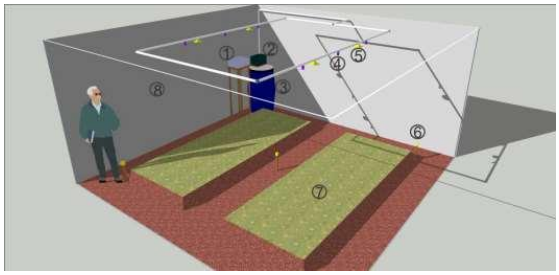
METODE

Pelaksanaan PKM Penerapan Teknologi ini melalui beberapa tahapan yang teratur dan terstruktur. Waktu pelaksanaan program PKM Pelaksanaan PKM Penerapan Teknologi ini dilaksanakan pada bulan Maret

sampai awal Agustus 2017. Pelaksanaan program dilaksanakan di tempat mitra yaitu Asosiasi Tanaman Hias Bunga dan Daun (ASTHA BUNDA) yang beralamtakan di Jalan Kaliurang Km 21, Desa Pakembinangun, Kecamatan, Pakem, Sleman, Yogyakarta. Adapun tahapan pelaksanaan program ini adalah dengan tahapan sebagai berikut:

A. Rancang Bangun

Proses perancangan desain TOP COYS dilakukan setelah mengkaji kondisi lapangan di kebun milik salah satu anggota kelompok tani ASTHA BUNDA yang memiliki ukuran 25 m^2/petak dengan luas 200 m^2/*greenhouse* agar nantinya alat ini benar-benar dapat berkerja efektif. Adapun rancangan desain TOP COYS secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan Sistem Top COYS

Keterangan gambar:

1.	Box Kontroller	1 Unit
2.	Pompa Air	1 Buah
3.	Penampungan Air	1 Buah
4.	Mist Sprayer	6 Buah
5.	Lampu LED UV Full Spectrum 10W	6 Buah
6.	Sensor Suhu dan Kelembaban DHT-22	3 Buah
7.	Tempat Penanaman Krisan	25 m^2
8.	Penutup *Greenhouse*	

B. Pengembangan Produk TOP COYS

Pembuatan produk TOP COYS meliputi pemrograman pada Arduino Mega 2560 yang merupakan pusat kontroller alat. Pemrograman Arduino Mega 2560 ini disesuaikan logikanya dengan kajian pustaka dan kebutuhan di lapangan. Algoritma kerja sistem TOP COYS seperti pada Gambar 2.

Gambar 2. Algoritma kerja sistem TOP COYS

Jika suhu lebih dari 24 °C atau kelembaban terdeteksi kurang dari 70% maka pompa air akan bekerja dan *mist sprayer* akan menyemprotkan kabut air untuk menurunkan suhu atau menaikkan kelembaban udara sekitar *greenhouse*. Namun jika suhu terlalu dingin (kurang dari 18 °C) atau kelembaban terlalu tinggi (lebih dari 90%), maka penutup samping *greenhouse* akan membuka. Pencahayaan tambahan menggunakan LED UV *Grow Light Full Spectrum* akan aktif pada pukul 22.00-02.00 setiap harinya selama 60 hari.

C. Implementasi dan Evaluasi Alat

Alat yang telah terpasang kemudian dilakukan monitoring rutin minimal dua minggu sekali untuk memantau perkembangan tanaman dan unjuk kerja dari TOP COYS. Apabila terdapat ketidaksesuaian akan dilakukan evaluasi agar TOP COYS dapat bekerja secara optimal dan maksimal.

Usia Tanam	Menggunakan TOP COYS (rata-rata)		Tidak Menggunakan TOP COYS (rata-rata)	
	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (cm)	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (cm)
Minggu ke 2	7,5	0,4	7,5	0,4
Minggu ke 4	20,4	0,5	15,3	0,5
Minggu ke 6	57,5	0,6	28	0,5
Minggu ke 8	65,6	0,6	43,3	0,5
Minggu ke 10	75,8	0,6	50,3	0,5
Minggu ke 12	82,3	0,7	69,4	0,6

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil implementasi alat didapatkan hasil yang meliputi hasil pengujian kinerja alat, hasil produktivitas, dan hasil keuntungan mitra.

A. Pengujian Kinerja Alat TOP COYS

Sebelum benar-benar diterapkan, dilakukan pengujian alat TOP COYS pada lahan mitra. Hasil uji yang telah dilakukan memperoleh permasalahan kinerja alat yang tidak sesuai dengan kondisi lingkungan. Hasil uji yang dilakukan tidak ada aliran udara yang masuk ke dalam *green house*. Dilakukan penyesuaian alat kembali untuk memperoleh aliran suhu yang dapat memasuki *green house*. Hingga diperoleh aliran udara yang sesuai dengan kondisi lingkungan. Spesifikasi alat TOP COYS dapat dilihat pada tabel. 1 dibawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi Kontroller TOP COYS

Dimensi	Panjang : 450 mm; Lebar : 300 mm; Tinggi:
Jangkauan	35m^2
Tegangan	210 V – 220 V
Arus	5A (maksimal)
Display	Kelembaban, Suhu, Jam dan Tanggal, Lampu ON/OFF

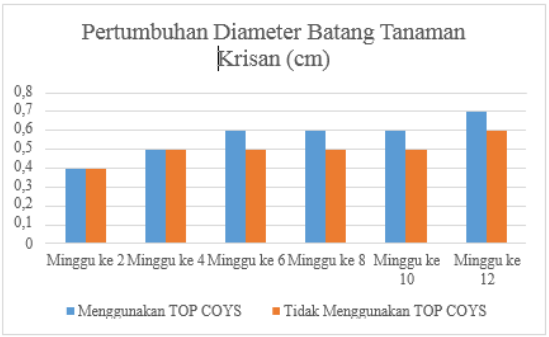
B. Pengujian Produktivitas Tanaman

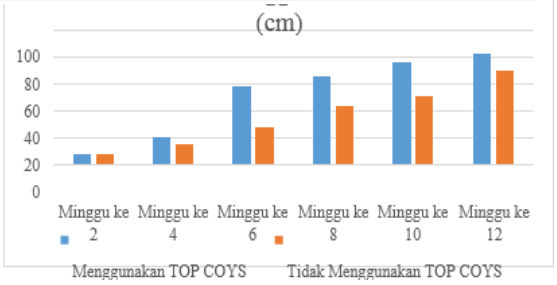
Implementasi alat yang telah dilakukan selanjutnya dimonitoring terhadap kinerja alat serta dampak yang ditimbulkan akibat penggunaan alat terhadap pertumbuhan tanaman bunga krisan. Monitoring dilakukan secara berkala untuk menyelesaikan permasalahan kinerja alat TOP COYS yang belum dapat bekerja secara optimal. Data pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman yang menggunakan alat TOP COYS dibandingkan yang tidak menggunakan alat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Tinggi Tanaman dan Diameter Tanaman Krisan

Terlihat kecepatan pertumbuhan bunga krisan yang menggunakan TOP COYS lebih cepat dari minggu ke minggu. Kecepatan pertumbuhan yang lebih baik ditunjukkan dengan tinggi tanaman dan diameter batang rata-rata selama 12 minggu atau dari penanaman hingga siap panen. Secara grafis perbandingan yang menggunakan dan tidak menggunakan alat TOP COYS untuk pertumbuhan tanaman bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Gambar 1. Perbandingan Pertumbuhan Tinggi Tanaman yang Menggunakan dan Tidak Menggunakan TOP COYS



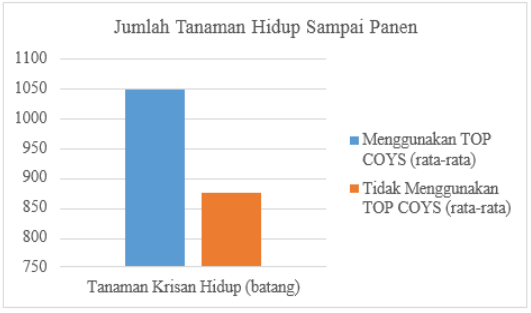


Gambar 2. Perbandingan Pertumbuhan Diameter Batang Tanaman yang Menggunakan dan Tidak Menggunakan TOP COYS

Perbandingan tanaman hidup (mortalitas) sampai siap panen pada petak lahan antara yang belum implementasi dengan yang sudah implementasi TOP COYS meningkat dari 70% menjadi 84%, seperti terlihat pada Tabel 3. Secara Grafis bisa dilihat pada Gambar 3.

Tabel 3. Perbandingan Tanaman Krisan yang Hidup

Indikator	Menggunakan TOP COYS	Tidak Menggunakan TOP COYS (rata-rata)
Tanaman Krisan Hidup (batang)	1050 (84%)	875(70%)



Gambar 3. Perbandingan Tanaman Krisan yang Hidup

Perbandingan produktivitas Bunga Krisan yang menggunakan alat TOP COYS dan tidak menggunakan alat TOP COYS selama masa penanaman berlangsung bisa dihitung berdasarkan Tabel 3. Terjadi peningkatan produktivitas dari 35 batang menjadi 42 batang untuk setiap m^2.

Menggunakan TOP COYS	**Tidak menggunakan TOP COYS**
$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah tanaman}}{\text{Luas Lahan}}$	$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah tanaman}}{\text{Luas Lahan}}$
$\text{Produktivitas} = \frac{1050}{25}$	$\text{Produktivitas} = \frac{875}{25}$
$= 42 \text{ batang/m}^2$	$= 35 \text{ batang/m}^2$

Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan yang telah dilakukan terhadap alat TOP COYS dan yang tidak menggunakan alat TOP COYS, produktivitas tanaman krisan mengalami peningkatan. Jumlah Tanaman Krisan yang masih hidup dapat dihitung tingkat produktivitasnya seperti diatas. Hasil tersebut menunjukkan tingkat produktivitas Bunga Krisan meningkat dari 35 tangkai/m^2 menjadi 42 tangkai/m^2 dalam sekali panen.

C. Pengujian Keuntungan Mitra

Keuntungan mitra bisa dilihat dari penigkatan produktivitas dan didukung dengan peningkatan kualitas hasil panen tanaman Krisan. Kualitas tanaman krisan mengalami peningkatan bisa dilihat dari tinggi tanaman krisan yang lebih tinggi yakni denagan alat TOP COYS 82,3 cm pada minggu ke dua belas, sedangkan tinggi tanaman tanpa alat TOP COYS pada minggu yang sama hanya mencapai 59,4 cm. Peningkatan tinggi tanaman krisan ini dipengaruhi oleh pengendalian lingkungan yang dilakukan dengan alat TOP COYS. Suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan kondisi tanaman krisan didaerah asalnya secara otomatis alat akan bekerja untuk mengyesuaikan kondisi lingkungan. Pengkondisian suhu tersebut dilakukan oleh *Mist spryer* yang bekerja sehingga suhu menurun dan menyesuaikan dengan kondisi asal tanaman krisan. Diameter batang tanaman krisan juga lebih kokoh. Terlihat dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan alat TOP COYS bahwa diamaeter batang mencapai 0,7 cm pada minggu ke dua belas sedangkan diameter batang tanaman tanpa alat TOP COYS sebesar 0,6 cm. Peningkatan kualitas tanaman juga terlihat dari warna bunga yang dihasilkan pada tanaman krisan dengan alat TOP COYS. Warna bunga yang dihasilkan dengan alat TOP COYS lebih cerah dibandingkan bunga pada tanaman krisan yang tidak menggunakan alat TOP COYS. Warna bunga yang lebih cerah ini diakibatkan karena adanya lampu *LED UV Growth Light Full Spectrum* yang meningkatkan kecerahan warna tanaman.

Peningkatan kualitas tanaman tersebut membuat harga jual bunga krisan meningkat. Menurut penuturan mitra grade penjualan bunga krisan sebelum menggunakan alat TOP COYS yakni 75% tergolong dalam *grade* A, 20% tergolong dalam *grade* B dan 5% tergolong *grade* C. Setelah menggunakan alat TOP COYS grade penjulanan bunga krisan meningkat menjadi 80% termasuk dalam *grade* A dan 20% termasuk dalam *grade* B.

Peningkatan golongan grade bunga krisan menggunakan alat TOP COYS berdampak pada peningkatan jumlah keuntungan yang diperoleh mitra. Berikut ini merupakan perhitungan biaya dan keuntungan bunga krisan menggunakan alat TOP COYS dan bunga krisan yang tidak menggunakan alat TOP COYS.

Bibit tanaman	Rp 250,00 x 1.250 batang	=	Rp 312.500,00
Pupuk		=	Rp 20.000,00
Fungisida dan Pestisida		=	Rp 35.000,00
Listrik	Rp 12.500,00 x 3	=	Rp 37.500,00
Total		=	Rp 405.000,00

Harga Jual Hasil Panen Bunga Krisan

a. Menggunakan TOP COYS		
Grade A: 84 ikat x Rp 10.000,00	=	Rp 840.000,00
Grade B: 21 ikat x Rp 8.000,00	=	Rp 168.000,00
Total	=	Rp 1.080.000,00
b. Tidak Menggunakan TOP COYS		
Grade A: 65 ikat x Rp 10.000,00	=	Rp 650.000,00
Grade B: 18 ikat x Rp 8.000,00	=	Rp 144.000,00
Grade C: 5 ikat x Rp 4.000,00	=	Rp 20.000,00
Total	=	Rp 814.000,00

Biaya produksi Tanaman Krisan dalam satu kali masa tanam untuk ukuran lahan 25 m^2 yaitu sebagai berikut.

Diketahui biaya produksi untuk satu kali masa tanam dengan ukuran lahan 25 m^2 adalah Rp

405.000,00. Hasil panen bunga krisan yang menggunakan TOP COYS lebih banyak dan memiliki grade yang tinggi yaitu grade A dan grade B sehingga harga jual yang didapatkan sebesar Rp 1.080.000,00. Lebih baik dibandingkan yang tidak menggunakan TOP COYS karena hasil panen lebih sedikit dan juga memiliki kualitas bunga grade C, sehingga harga jualnya hanya Rp 814.000,00. Keuntungan yang didapatkan petani dengan menggunakan TOP COYS sebesar Rp 675.000,00, sedangkan keuntungan petani yang tidak menggunakan TOP COYS sebesar 409.000,00

SIMPULAN

Dari hasil monitoring implementasi TOP COYS dapat diambil kesimpulan:

a. Rancang bangun alat TOP COYS terdiri dari komponen sensor suhu dan kelembaban, kontoller, pompa air, *sprayer* dan lampu LED UV. TOP COYS diimplementasikan pada satu petak tanah berukuran 25 m^2 dari luas 200 m^2 *greenhouse*.

b. Unjuk kerja dari alat TOP COYS adalah mampu mengendalikan suhu lingkungan antara 18ºC s/d24ºC, kelembaban lingkungan antara 70% s/d 90%, dapat menambah waktu lama pencahayaaan 4 jam diluar pemakaian beban puncak listrik, mampu menaikkan mortalitas sebesar 14%, meningkatkan kecepatam pertumbuhan tanaman dilihat dari ketinggian menjadi 15,7%, dilihat dari diameter tanaman menjadi 14,3% lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak menggunakan alat TOP COYS.

c. Implementasi TOP COYS bisa meningkatkan produktivitas 70% menjadi 84%, sehingga memberikan keuntungan Rp 675.000,00 dengan ukuran lahan 25 m^2.

DAFTAR RUJUKAN

Direktorat Budidaya Tanaman Hias. 2007. *Standar Operasional Prosedur Budidaya Krisan*. Jakarta: Departemen Pertanian.

Mortensen, L. M. 2000. *Effect of air humidity on growth, flowering, keeping quality and water relation of four short-day green house species*. Scientia Hortic. 86: 299-310.

Rukman, R dan Asep, E, M. 2002. *Krisan*. Yogyakarta:Kanisus.

Sanjaya, L dan Kunai, Y. 2010. *Budidaya krisan. Balai penelitian tanaman hias*. http://florikultura.hortikultura.pertanian.go.id/unduhan/l_krisan.pdf. Pada 7 Agustus 2017.

Setyono *et al*. 2011. *Rehabilitasi Usahatani Bunga Krisan Pasca Erupsi Gunung Merapi*. Yogyakarta: BPTP Dipertan.

STUDI KINERJA KENDALI DAYA KANAL *UPLINK* 4G LTE BERDASARKAN *SIGNAL TO INTERFERENCE RATIO* (SIR)

Sapta Nugraha[1] dan Rozeff Pramana[2]
[1,2]Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji
[1]E-mail: saptanugraha@umrah.ac.id

ABSTRAK

4G *Long Term Evolution* (LTE) memiliki standar komunikasi nirkabel akses data berkecepatan tinggi pada telepon seluler yang memiliki parameter standar yaitu kendali daya. Kendali daya merupakan metode untuk menghindari interferensi antar pengguna akibat variasi daya. Interferensi antar pengguna menyebabkan keterbatasan kinerja kualitas layanan operator telekomunikasi. Pada penelitian ini, akan dirancang kendali daya kanal *uplink* berdasarkan SIR agar daya *mobile station* (MS) mendekati sama. Hasil simulasi menunjukkan bahwa daya MS dapat mencapai -7 dB, rerata waktu di atas 17 ms. Hasil menunjukkan SIR dapat memerintahkan MS menyamakan daya yang ditransmisikan beberapa MS dengan nilai SIR referensi.

Kata Kunci: kendali daya, kanal *uplink*, SIR, *mobile station*

ABSTRACT

4G Long Term Evolution (LTE) has a standard for wireless communication with high-speed data access on cellular phones which have standard parameter i.e. power control. Power control is a method to avoid interference inter-users, as a result of power variations. Interference inter-users will cause performance limitations of the quality of service telecommunications operator. In this paper, we will design power control on the uplink channel based on the Signal to Interference Ratio (SIR) so that power level of mobile station (MS) are approximately equal. Simulation results show that power of MS can reach -7 dB, average time above 17 ms. The results of the SIR can order MS to equalize the SIR power levels transmitted by some MS with SIR reference value.

Keywords: *power control, uplink channel, SIR, mobile station*

PENDAHULUAN

Long Term Evolution (LTE) merupakan pengembangan teknologi telekomunikasi dari 3G ke 4G. Kemampuan dan keunggulan dari LTE memiliki kecepatan dalam transfer data, cakupan area yang besar, serta memiliki kapasitas dan layanan yang lebih besar. Selain itu, penerapan penggunaan antena jamak, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya, dan terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada dapat menekan biaya operasional yang lebih rendah (Suyuti dan Syarif, 2011; Usman dan Prihatmoko, 2011).

Peningkatan kapasitas dan layanan merupakan standar yang coba dikembangkan oleh teknologi LTE ini. Untuk meningkatkan kapasitas dan layanan diperlukan sistem pengaturan daya yang optimal antara *Mobile Station* (MS) dan *eNodeB*. Sistem pengaturan daya dapat mengurangi interferensi antar pengguna jaringan telekomunikasi. Interferensi adalah gangguan sinyal komunikasi yang disebabkan oleh ikut diterimanya sinyal frekuensi lain yang tidak dikehendaki. Interferensi ini menyebabkan penurunan kinerja sistem radio seluler, baik berupa kapasitas maupun layanan jaringan telekomunikasi.

LTE memerlukan suatu kendali daya untuk meminimalisasi terjadinya interferensi antar pengguna, sebagai akibat variasi daya yang akan menimbulkan korelasi silang. Korelasi silang adalah kode penebar transmisi pada kanal *uplink* dengan menggunakan kode acak. Kendali daya bekerja dengan cara mengatur daya pancar pengguna penginterferensi karena level interferensi yang tinggi dari sel tetangga dapat membatasi area cakupan *uplink*. Kendali daya *uplink* dapat meningkatkan kinerja *cell-edge* sehingga kapasitas sistem bekerja secara optimal. Selain itu, kendali daya *uplink* cukup efektif dalam mengurangi interferensi pada sistem LTE-*advanced* (Khan, 2009; Febryanti, Hendrantoro, dan Kuswidiastuti, 2013; Cîrstea dan Ciochină, 2011).

LTE menggunakan teknik *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) pada kanal *uplink*. Kendali daya memiliki dua mekanisme dalam proses mengurangi interferensi yang terjadi, yaitu *Open Loop Power Control* (OLPC) dan *Closed Loop Power Control* (CLPC). Pengujian sistem diterapkan dengan membandingkan antara kinerja OLPC dan CLPC menggunakan skema frekuensi *reuse* yang berbeda. Mekanisme kinerja CLPC memiliki sistem yang optimal dibandingkan dengan kinerja OLPC (El-badawy, El-Ghawaby, dan Ali, 2012; Tejaswi dan Suresh, 2013)

Penelitian ini akan melakukan studi kinerja kendali daya agar *level* daya yang ditransmisikan dari setiap MS minimal mendekati sama. Hal ini diwujudkan dengan mengatur level daya yang ditransmisikan oleh MS menggunakan kendali daya *loop* tertutup pada kanal *uplink* melalui mekanisme algoritma *Signal to Interference Ratio* (SIR).

PERANCANGAN SISTEM

Kriteria Perancangan

Pada bagian ini akan dirancang mekanisme kendali daya menggunakan pendekatan algoritma SIR berdasarkan pada obyek yang berbeda. Algoritma SIR didasarkan pada obyek untuk secara langsung mengontrol kualitas komunikasi atau kinerja sistem sesuai dengan SIR yang diterima pada *eNodeB*.

Mekanisme kendali daya pada kanal *uplink*, jika *eNodeB* mengukur rerata daya dari SIR yang diterima pada *reverse link* (*uplink*) yang diinginkan dalam suatu periode pengukuran daya, dinyatakan dengan $\overline{SIR}$. Perbandingan $\overline{SIR}$ (dB) dengan *level* daya yang diinginkan *D* (dB) disebut mekanisme kendali daya SIR. Dalam bahasan ini, $\overline{SIR}$ diperoleh dari :

$$\overline{SIR} = \bar{B} - \left(I(t) + \mathrm{n(t)} \right) \qquad (1)$$

dengan $I(t)$ merupakan *level* interferensi dari semua *mobile station* yang lain dalam sistem. $\mathrm{n(t)}$ adalah *background noise*. *eNodeB* mengukur *rerata* daya sinyal yang diterima dalam suatu periode pengukuran daya yang dinyatakan dalam $\bar{B}$.

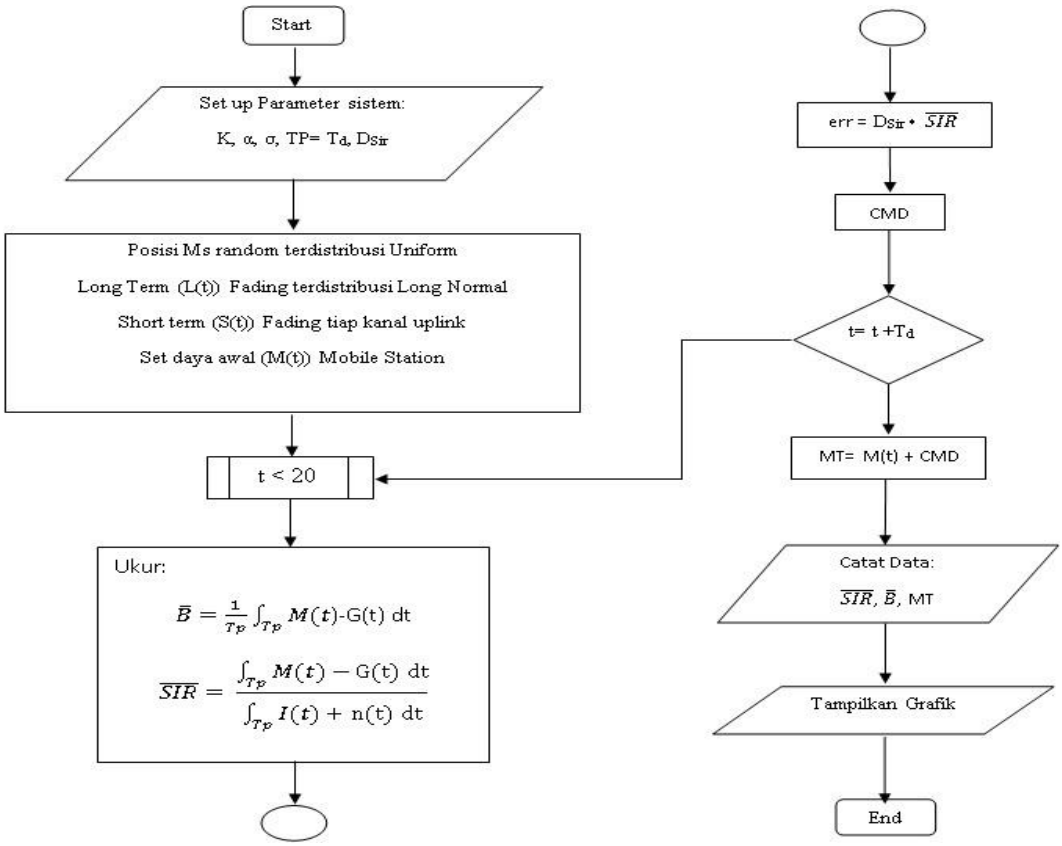
Perbedaan antara $\overline{SIR}$ (dB) dan *D* (dB) dalam mekanisme SIR, dinyatakan dalam *err*, kemudian diumpankan ke dalam *Power Control Decision Command* (PCCMD). PCCMD ini akan mengirimkan sebuah perintah kendali daya ke *mobile station* via kanal umpan balik dari kanal *downlink.*

Aturan yang berhubungan untuk menentukan perintah kendali daya adalah jika nilai *key* ≥ 0, maka nilai *cmd* = 0. Apabila nilai *key* < 0, maka nilai *cmd* = 1, dengan *key* = *err* / Δ_p dan Δ_p merupakan *step size minimum* untuk proses penjajakan daya. Setelah menerima perintah kendali daya (*cmd*), *mobile station* memancarkan daya yang diperbarui oleh sejumlah *cmd* * Δ_p (dB).

Periode waktu yang diperlukan *mobile station* untuk melakukan satu operasi penjajakan disebut *loop delay* dan dinyatakan T_d. *Loop delay* meliputi periode pengukuran daya (T_p), *delay* propagasi kanal *uplink* dan *downlink*, dan *time delay* untuk membangkitkan, mentransmisikan, dan mengeksekusi perintah kendali daya. *Loop delay* memainkan peranan yang penting dalam mekanisme kendali daya.

Pemodelan Sistem

Perancangan pemodelan sistem kinerja *kendali daya* ini berdasarkan mekanisme *closed loop kendali daya* pada kanal *uplink* dengan metode *fixed step*. Diagram alir mekanisme pemodelan sistem dengan metode *fixed step* ini ditunjukkan pada gambar 1. Pemodelan ini menggunakan sistem dengan sel tunggal. Sel yang dimaksud diasumsikan bebas dari *edge effect*. MS dalam sel tersebut diasumsikan di dalam sel dengan kerapatan *uniform* dengan jumlah N_u MS.



Gambar 1. Diagram Alir Pemodelan Sistem

Sinyal radio pada waktu *t* dalam kanal *uplink* dari pusat sel diasumsikan mengalami redaman oleh suatu *channel gain* $G(t)$ yang meliputi *long term fading* dan *short term fading*. *Long term fading* dinyatakan oleh $L(t)$ dan menggambarkan rerata dari daya sinyal. *Short term fading* dinyatakan oleh $S(t)$ menjelaskan *multipath fading*. Oleh karena itu, diberikan daya yang ditransmisikan sebuah *mobile station* $M(t)$, maka daya yang diterima *eNodeB* $\bar{B}$ dapat diperoleh dengan:

$$\bar{B}(t) = M(t) + G(t) = M(t) + L(t) + S(t) \quad (2)$$

Long term fading $L(t)$ merupakan suatu *random variable* yang dimodelkan sebagai berikut:

$$L(t) = K \cdot r^{-\alpha} \cdot 10^{\xi/10} \quad (3)$$

dengan *K* adalah suatu konstanta, *r* merupakan jarak antara *eNodeB* dan *mobile station*, α dinamakan *eksponen path rugi*, dan ξ adalah *random variable* terdistribusi normal dengan rerata nol dan variansi σ. Dalam simulasi ini digunakan *K*=1, α=4 dan σ=8. *Short term fading* $S(t)$ yang digunakan pada simulasi ini juga merupakan *random variable* dengan *distribusi Rayleigh*.

Pada periode pengamatan *loop delay*, setiap *mobile station* diasumsikan bergerak secara kontinyu dalam suatu area geografis yang kecil, sehingga kanal radio *uplink* mempunyai rugi redaman dan *shadowing* yang *uniform*. Oleh karena itu, *long term fading* pada tiap kanal *uplink* dapat dianggap konstan selama periode pengamatan. Antena yang digunakan oleh *eNodeB* dan *mobile station* dianggap *omnidirectional*. Aktivitas suara dan *soft handoff* tidak diperhitungkan dalam simulasi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi ini menggunakan kendali daya dengan pendekatan algoritma SIR. Simulasi diasumsikan dilakukan pada suatu sistem sel tunggal dan tipe sel yang digunakan *microcell*.

Microcell digunakan pada area dengan kepadatan yang tinggi, seperti pusat kota, jalan raya atau pusat bandar udara, dan memiliki ukuran sel yang kecil untuk mencapai kapasitas pengguna per unit area yang lebih tinggi. Ukuran *microcell* (0.5 Km sampai 2 Km) dan antena pada *microcell* juga bekerja dengan daya pancar yang relatif lebih kecil (kurang dari 20 mW).

Level daya dari MS berdasarkan *link budget* untuk sistem LTE maksimum 200 mW atau 23 dBm. Berdasarkan parameter tersebut, simulasi ini diasumsikan yang mana MS bergerak secara *random* dalam area sel 0.5 Km hingga 2 Km. Nilai *level* SIR referensi untuk simulasi yaitu -7 dB. Daya pancar MS diasumsikan 0,01 mW atau -50 dB.

Parameter LTE yang diinginkan pada simulasi ini dinyatakan dalam bit *error rate* adalah kurang dari 10^{-3} atau Eb/Io berkisar 4 – 5 untuk *uplink*. Data rate 64 *Kbps* dan laju *chips* (W) = 4,096 *Mcps*, sehingga *processing gain* W/R=64, maka minimum SIR yang diinginkan adalah sekitar -7 *dB*. Tabel 1 menunjukkan parameter-parameter simulasi yang digunakan dalam perancangan sistem *uplink* kendali daya ini.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Data Rate (Kbps)	64
Chips Rate (Mcps)	4.096
Processing Gain	64
Frequency Carrier (MHz)	2100
Max. Tx Power MS (dBm)	23
SIR Referensi (dB)	-7
Mobile Station (user)	10
Eb/Io	5
Jangkauan *Microcell* (Km)	0.5 – 2
Daya Pancar Antena (mW)	< 20
Frequency Reuse	1
Gain Antenna Sektorisasi	2.4
Periode PC = Tp (ms)	0.2

Pada bagian sebelumnya telah disebutkan bahwa, *long term fading* konstan untuk setiap pengguna dengan asumsi

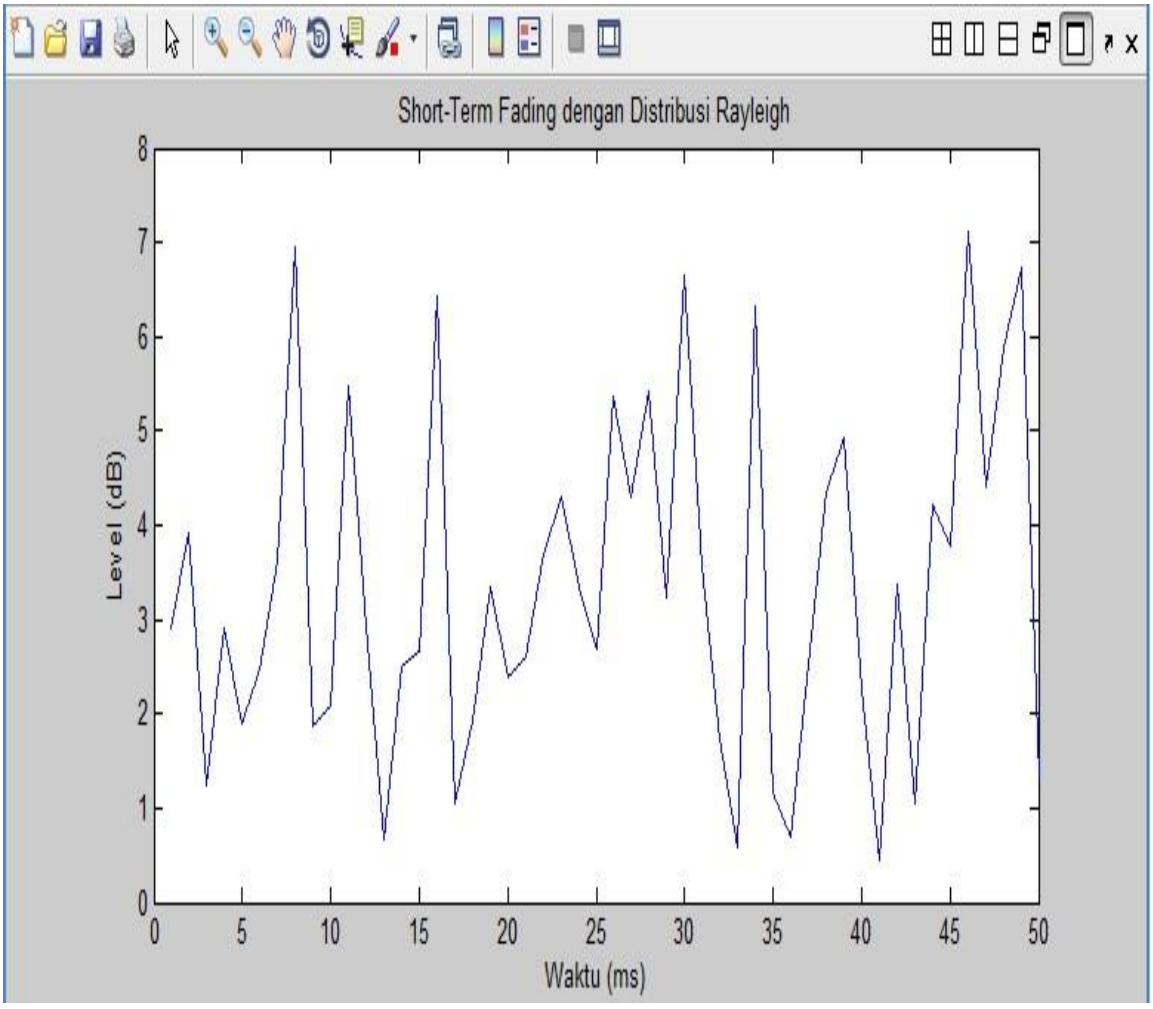
perpindahan MS relatif kecil. Sementara *short term fading* diasumsikan terdistribusi *Rayleigh. Short term fading* terdistribusi *Rayleigh* yang digunakan pada simulasi ini dapat dilihat pada gambar 2.

Sebelum Kendali Daya dilakukan

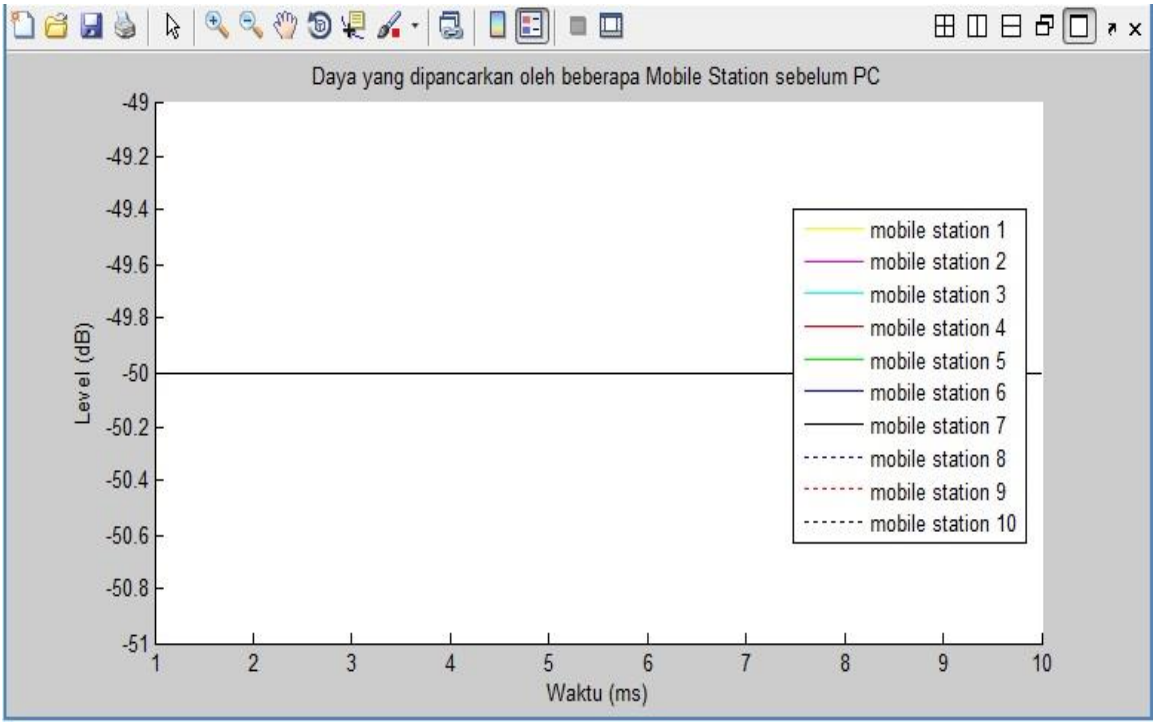
Hasil simulasi SIR yang ditransmisikan beberapa *mobile station* sebelum kendali daya sebesar -50 dB ditunjukkan gambar 3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *level* daya yang ditransmisikan beberapa *mobile station* sebelum kendali daya mendapatkan hasil yang sama yaitu sebesar -50 dB.

Hasil simulasi *level* daya yang diterima *eNodeB* sebelum menggunakan kendali daya ditunjukkan gambar 4 dengan nilai SIR referensi adalah -7 dB. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *level* daya yang diterima *eNodeB* dari beberapa MS sebelum kendali daya terlihat berbeda dari SIR referensi. Hal ini disebabkan oleh faktor jarak (*near-far*) dan *shadowing* dari MS menuju *eNodeB*. Faktor jarak ini menentukan lokasi setiap MS berbeda dengan MS yang lainnya. Perbedaan lokasi ditentukan berdasarkan distribusi acak pada lokasi MS.

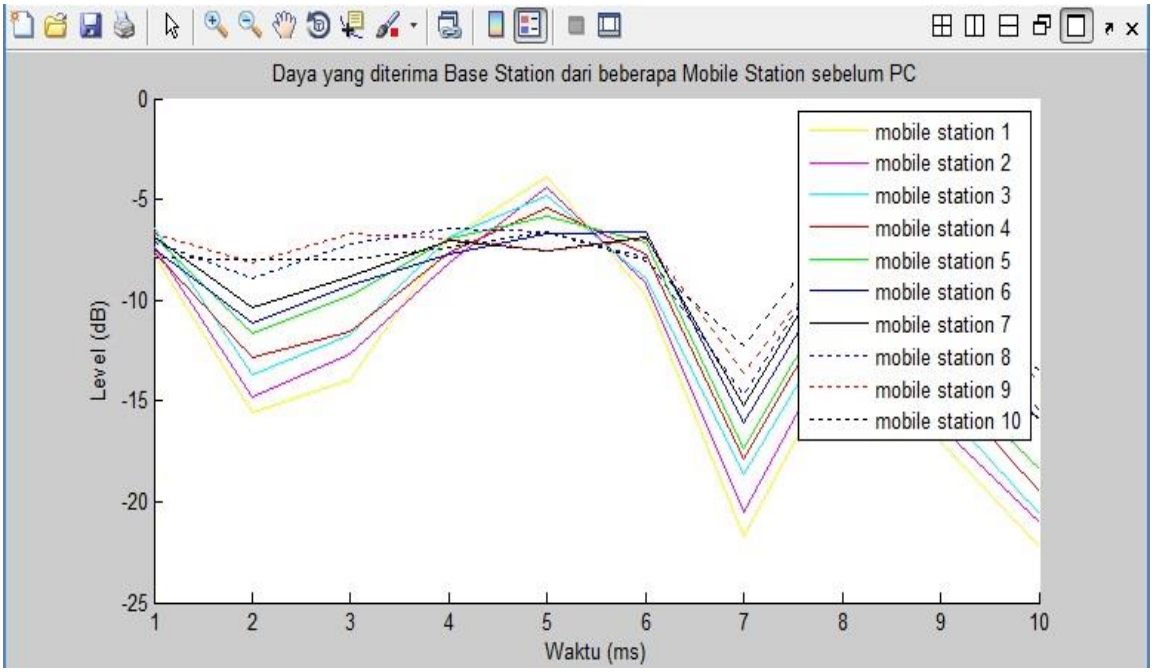
Selain itu, adanya interferensi antar MS juga mengakibatkan *level* daya yang diterima BS belum stabil. Perbedaan inilah yang coba akan dilakukan pengaturan *level* daya sehingga akan menyesuaikan dengan *level* daya target yang diinginkan menggunakan mekanisme kendali daya.



Gambar 2. *Short Term Fading* Terdistribusi *Rayleigh*



Gambar 3. Daya yang ditransmisikan *Mobile Station* Sebelum Kendali Daya



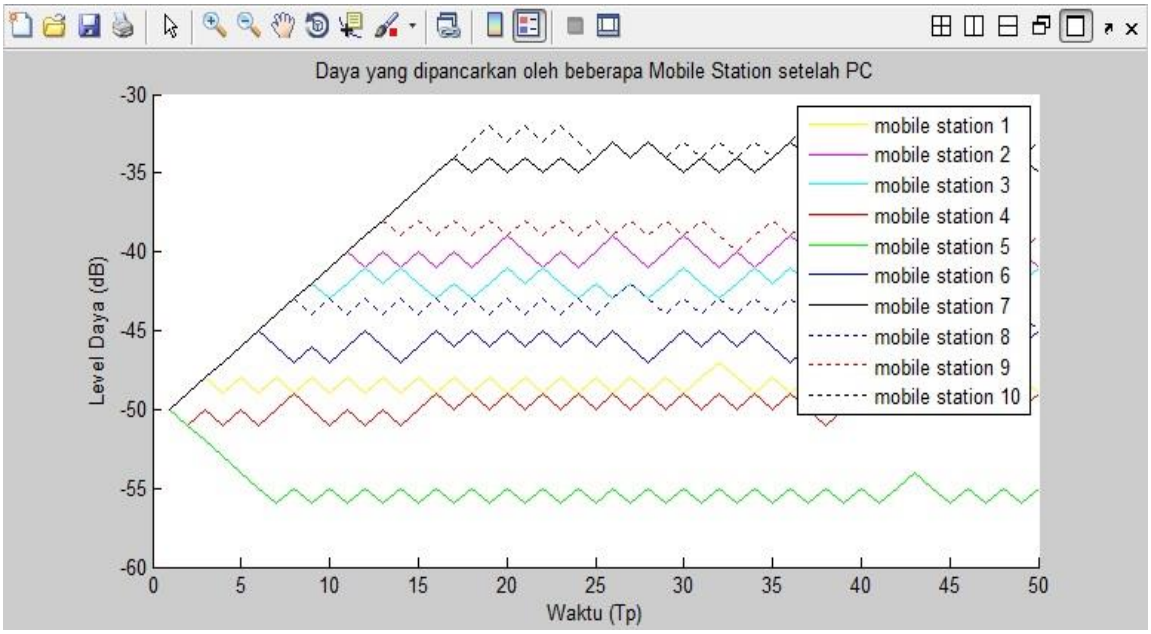
Gambar 4. Daya yang diterima *eNodeB* Sebelum Kendali Daya

Setelah Kendali Daya dilakukan

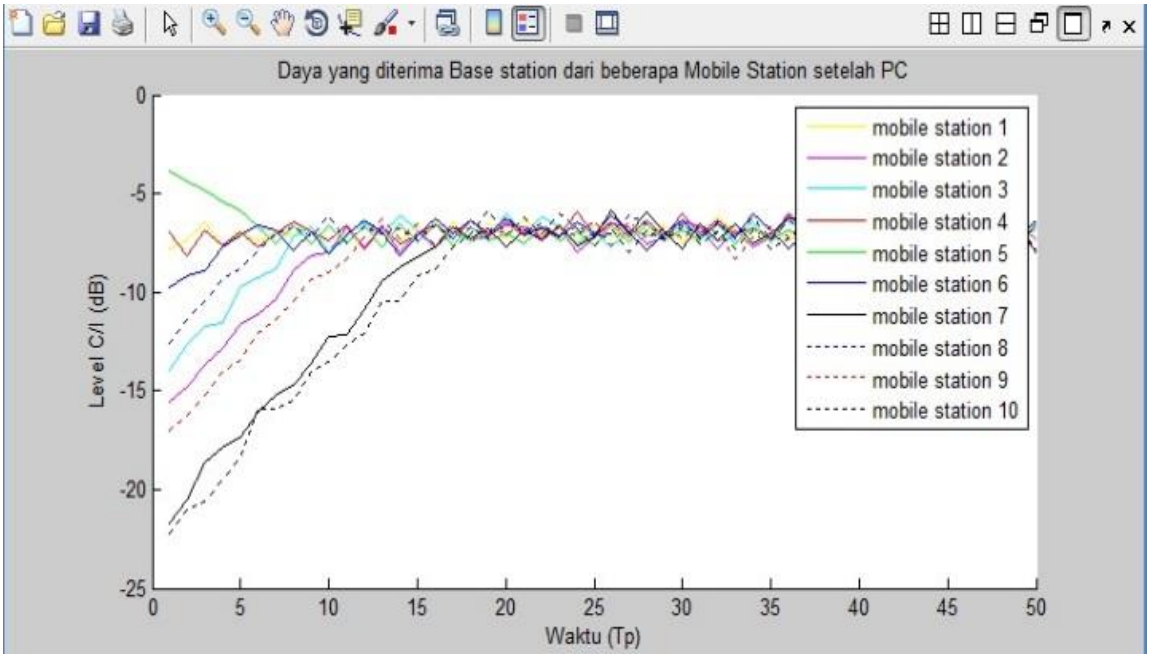
Hasil simulasi *level* daya yang ditransmisikan beberapa MS dengan menggunakan kendali daya sebesar -50 dB ditunjukkan gambar 5. Hasil simulasi menunjukkan perubahan daya pancar beberapa MS akibat adanya penggunaan kendali daya. Daya pancar MS pada simulasi ini akan terus mengalami perubahan selama proses komunikasi akibat adanya pergerakan dan *multipath fading* yang dialami oleh MS.

Hasil simulasi *level* daya yang diterima *eNodeB* dari beberapa MS setelah menggunakan kendali daya ditunjukkan gambar 6. Hasil simulasi menunjukkan bahwa SIR mencapai *level* daya -7 dB dengan waktu rata-rata di atas 17 ms. Hal ini menunjukkan bahwa kendali daya dapat melakukan tugasnya dengan baik yaitu memerintahkan MS untuk menyamakan *level* daya SIR yang ditransmisikan oleh beberapa MS dengan nilai SIR referensi.

Pada algoritma SIR, nilai fluktuasi *level* daya -7 dB dengan waktu *sampling* terdekat (MS 1) adalah 1 ms dan waktu *sampling* terjauh (MS 10) adalah 17 ms. Waktu *sampling* ini terjadi berdasarkan pada perubahan kendali daya.



Gambar 5. Daya yang ditransmisikan *Mobile Station* Setelah Kendali Daya



Gambar 6. Daya yang diterima *eNodeB* Setelah Kendali Daya

SIMPULAN

Algoritma SIR merupakan salah satu algoritma yang optimal digunakan dalam teknik *uplink* kendali daya. Hasil menunjukkan bahwa SIR mencapai *level* daya -7 dB dengan waktu rata-rata di atas 17 ms. Hal ini menunjukkan bahwa kendali daya dapat memerintahkan MS untuk menyamakan *level* daya SIR yang ditransmisikan oleh beberapa MS dengan nilai SIR referensi.

DAFTAR RUJUKAN

Cîrstea, E.-R., & Ciochină, S. (2011). *Adaptive,* 3rd *International Conference on Adaptive and Self-Adaptive Systems and Applications.*

El-badawy, H., El-Ghawaby, M. M., & Ali, H. H. (2012). *The Seventh International Conference on Digital Telecommunications*,

Febryanti, S., Hendrantoro, G., & Kuswidiastuti, D. (2013). *Jurnal Teknik Pomits*.

Khan, F. (2009). *LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Performance*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Suyuti, S., & Syarif, S. (2011). *Jurnal Ilmiah Elektrikal Enjiniring UNHAS*.

Tejaswi, E., and Suresh, B. (2013). *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*

Usman, K., & Prihatmoko, G. U. (2011). *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Informatika.

ANALISIS PERFORMANSI METODE *LOAD BALANCING* MENGGUNAKAN *CELL RANGE EXTENSION* UNTUK SISTEM *HETEROGENEOUS* LTE-A

Fajar Wahyu Ardianto[1], Nachwan Mufti Adriansyah[2], dan Budi Syihabuddin[3]
[1]Mahasiswa S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: fajarwahyuar7@gmail.com
[2]Dosen S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: nachwanma@telkomuniversity.ac.id
[3]Dosen S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom
E-mail: budisyihab@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Heterogeneous Networks (HetNets) merupakan topologi gabungan dari *macro cell* dan *micro cell* pada jaringan LTE-A untuk pengembangan kapasitas dari sebuah sel. Pada paper ini, dijelaskan mengenai optimisasi dari kapasitas sel dengan melakukan *load balancing* pada jaringan LTE-A. Optimisasi dilakukan dengan metode *Cell Range Extension* (CRE) yaitu penambahan daya LPN secara virtual saat proses pemilihan sel, sehingga *coverage* dari sel tersebut bisa bertambah. Penambahan daya dilakukan dengan menggunakan *offset* untuk masing-masing sel. Algoritma yang digunakan yaitu *Load Balancing*. Algoritma ini dapat menyetarakan beban di setiap sel. Hasil yang diperoleh yaitu *fairness index* akan meningkat 8% - 10% dari total *cell capacity*.

Kata Kunci: HetNets, *Load Balancing*, CRE, optimisasi

ABSTRACT

Heterogeneous Networks (HetNets) is a mixed topology of macro cells and micro cells on LTE-A networks for capacity enhancement of a cell. In this paper, the optimization of cell capacity by performing load balancing on LTE-A networks. The optimization use Cell Range Extention(CRE) method, which is the addition of LPN power virtually during cell selection process, so the coverage of cell can be increased. The power addition by using offset for each cell. Algorithm used is Load Balancing, this algorithm can equalize load in each cell. The result of fairness index will increase 8% - 10% from total cell capacity.

Keywords: *HetNets, Load Balancing, CRE, optimization*

PENDAHULUAN

Pada operator jaringan selular mengalami peningkatan permintaan jumlah trafik yang cukup besar. Hal ini dipicu munculnya berbagai macam jenis aplikasi yang memakan *bandwidth*. Aplikasi *streaming* video seperti *Skype*, *Facebook*, *Youtube*, dan *Instagram* yang dapat diakses secara langsung via *smartphone* merupakan penyumbang dalam penggunaan *bandwidth* cukup tinggi baik dari sisi *downlink* maupun *uplink*.

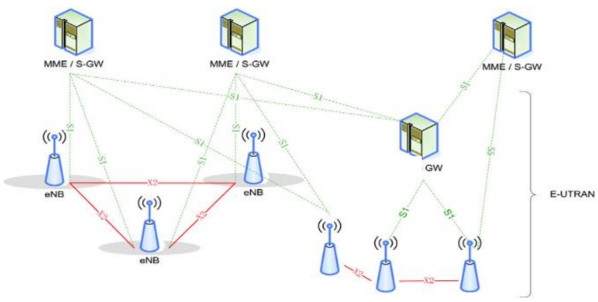
Kecenderungan *user* yang selalu meningkat dan ingin mendapatkan informasi dengan *bandwidth* serta kecepatan akses yang tinggi melalui perangkat *smartphone* harus didukung oleh sistem jaringan selular yang baik, sehingga mobilitas manusia diharapkan tidak dipengaruhi oleh sistem jaringan selular yang diaksesnya guna mendapatkan informasi. Selain itu, infrastruktur yang tersedia seperti eNB/LPN diharapkan mampu untuk menampung secara maksimal trafik data yang diakses oleh user sehingga tidak terjadi *overload data traffic*. Hal ini tentunya menjadi sangat penting untuk diperhatikan dalam sistem komunikasi *wireless* termasuk dalam hal ini untuk teknologi *Long Term Evolution- Advance* (LTE-A) sehingga diperlukan suatu proses dalam jaringan yang dapat menanggulangi permintaan *user* ini. Proses yang dapat dilakukan adalah dengan *load balancing*. Memodelkan interaksi dari

elemen jaringan yang melakukan *load balancing*, maka dibutuhkan suatu teknik atau skenario sehingga dicapai suatu keputusan yang rasional untuk dilakukannya *load balancing*.

Pada penelitian ini, membahas mengenai bagaimana mengoptimalkan keberadaan *micro cell* (LPN) pada *macro cell* (eNB) sehingga kepadatan trafik di kedua sel tersebut dapat seimbang.

LTE-*Advance*

Pada saat ini perkembangan teknologi jaringan selular di Indonesia telah memasuki generasi ke-4 (4G). Pada teknologi 4G *user* dimungkinkan dapat mengakses berbagai layanan dengan kecepatan akses yang tinggi dan *bandwidth* yang cukup besar. Salah satu standar teknologi 4G yaitu LTE-A *(Long Term Evolution Advanced)* yang diperkenalkan oleh 3GPP *release* 10 pada tahun 2011 (3GPP, 2011). LTE-A menjanjikan kecepatan *data rate* sebesar 1,5 Gbps untuk *uplink* dan 3 Gbps untuk *downlink* (3GPP, 2011). Bisa dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan LTE-A

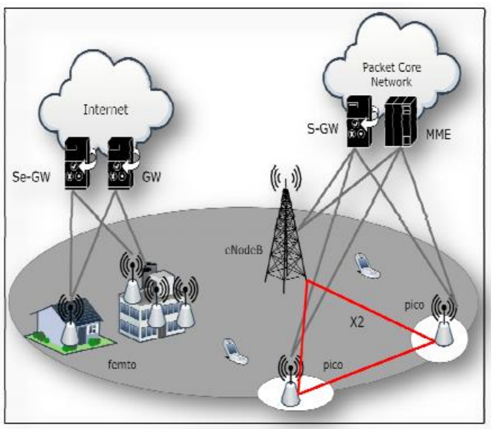
Pada Gambar 1. dijelaskan mengenai struktur jaringan LTE-A yang mengacu kepada standar 3GPP *Release* 10. Terdapat dua interface pada struktur jaringan LTE yaitu S1 dan X2 *interface*. Pada S1 *interface* menghubungkan antara eNB atau LPN dengan MME/S-GW, sedangkan X2 *interface* menghubungkan antara eNB dengan eNB atau LPN dengan LPN. Pada X2 *interface* ini mendukung terjadinya proses *handover*.

Tabel 1. Karakteristik LTE-Advance

System Performance		LTE	LTE Advanced
Peak Data Rate	Downlink	300 Mbps @20Mhz	3 Gbps @100Mhz
	Uplink	75 Mbps @20Mhz	1,5 Gbps @100Mhz
Operating Band		700 ; 850 ; 900 ; 1800 ; 2100 ; 2300 ; 2600 Mhz	
Modulation		QPSK, 16 QAM and 64QAM	
Channel *Bandwidth*		1,4 ; 3 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 Mhz	Cont.spectrum @ > 20 Mhz, spectral convergence. Up to 100 Mhz
Multiple Access		OFDMA (DL) ; SC-FDMA (UL)	
Duplexing Mode		FDD and TDD	

Heterogeneous Network (HetNets)

Heterogeneous Network (HetNet) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari *macro cell* yang bertransmisi pada level daya yang tinggi, dimana *macro cell* melapisi *micro cell*, yang bisa dikenal dengan *Low Power Node* (LPN). LPN bisa berupa, *pico cell*, *femto cell*, *Remote Radio Head* (RRH), dan *relay* (Grande, 2013). LTE-A juga menerapkan sebuah konsep jaringan HetNet. Dalam sebuah jaringan yang heterogen, daya LPN adalah 250 mW - 2W sedangkan *macro cell* (eNB) adalah 5W - 40W (Wondmeneh A.M., 2012). Karena terdapat perbedaan daya pancar sekitar 20 dB. Maka, hal tersebut yang akan membawa beberapa tantangan untuk dilakukan sebuah penelitian. Terlihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Jaringan HetNets

METODE/ANALISIS PEMECAHAN MASALAH

Model Simulasi Jaringan

Pada penelitian ini, dimodelkan sebuah *Heterogeneous LTE-Advance Network* yang direpresentaikan sebagai C = $C_1 \cup C_2$, dimana C_1 merupakan *macro cell* dan C_2 merupakan *micro cell*. Setiap sel memiliki *user* masing-masing yang dilambangkan sebagai MUE untuk *user macro cell* dan MeUE untuk user *micro cell*. Setiap *user* diasumsikan sedang menggunakan trafik data yang uniform. Trafik data tersebut berupa *video streaming, video conference, web browsing, file transfer* dan VOIP.

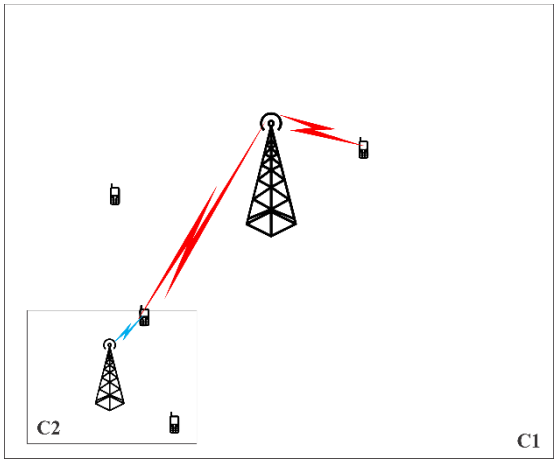
Bandwidth untuk setiap sel sebesar 10 MHz untuk *macro cell* dan 5 MHz untuk *micro cell*. Frekuensi *carrier* yang digunakan pada kisaran 1800 MHz. Diasumsikan *user* sedang dalam keaadan *downlink*. Jenis antena yang digunakan yaitu, *omnidirectional*. Gain antena eNB sebesar 14 dBi, sedangkan gain antena LPN sebesar 0 dBi. Tinggi antena eNB 30 m, sedangkan tinggi antena UE 1,5 m. Daya yang dipancarkan eNB sebesar 46 dBm (40 watt), sedangkan daya yang dipancarkan LPN sebesar 30 dBm (1 watt). Posisi eNB dan LPN ditentukan, sehingga posisisnya tetap. Akan tetapi, untuk posisi *user* merupakan *random*. *Noise power* yang terjadi sebesar 8,28 x 10^{-12} watt. Nilai tersebut didapat dengan keadaan suhu ruangan sebesar 27 ℃. *Bandwidth* untuk setiap *resource block* 18 kHz. Luas daerah *macro cell* 5 km x 5 km, sedangkan untuk *micro cell* 0,5 km x 0,5 km. Terlihat seperti pada Gambar 3.

Penelitian dilakukan sebanyak 10 kali dengan cara melakukan perulangan pada fungsi algoritmanya. Pada penelitian ini tidak melakukan analisis yang mendalam mengenai interferensi dan *noise*. Tidak membahas mengenai *handover* dan *scheduler*.

Hasil akhir yang diperoleh pada penelitian ini merupakan hasil rata-rata yaitu dengan mengambil data rata-rata dari 10 kali simulasi yang didapat melalui persamaan (1)

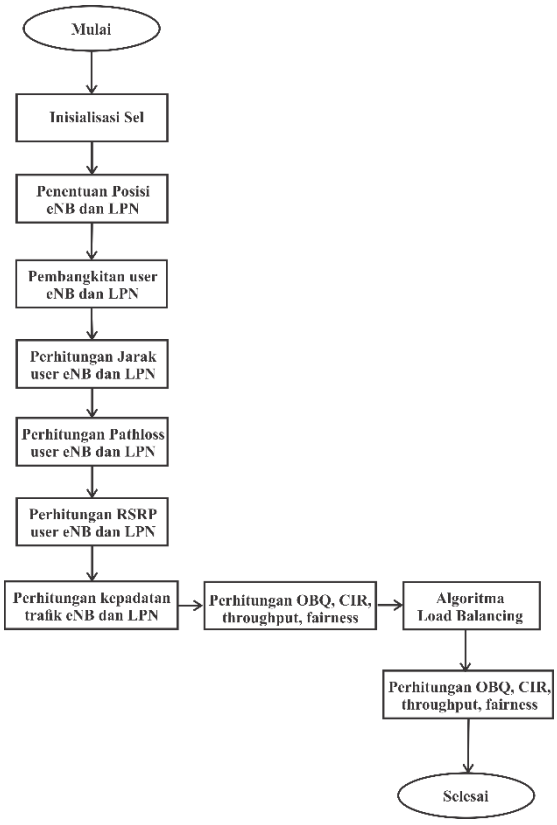
$$f_{Total} = \frac{\sum_{n=1}^{N} f_n}{N} \quad (1)$$

dengan, f_{Total} merupakan rata-rata parameter, f_n merupakan parameter yang diujikan, dan N merupakan jumlah total perulangan.



Gambar 3. Model Jaringan

Alur Perhitungan Performansi



Gambar 4. Diagram alir perhitungan performansi sistem

Perhitungan Jarak

Nilai jarak antara BTS (eNB dan LPN) dan *user* dihitung dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut.

$$r(m) = \sqrt{(BTS_x - user\_x)^2 + (BTSy - user\_y)^2} \quad (2)$$

di mana BTS_x dan $user\_x$ merupakan koordinat BTS dan user pada sumbu x, sedangkan BTS_y dan $user\_y$ merupakan koordinat BTS dan *user* pada sumbu y. Koordinat masing-masing BTS dan *user* dihitung dari titik nol. Perhitungan jarak digunakan untuk mencari nilai daya yang diharapkan maupun daya interferensi.

Model Propagasi

Pada saat melakukan pemodelan propagasi, penelitian ini menggunakan model Okumura-Hatta, model tersebut bisa digunakan untuk daerah urban dan bekerja pada frekuensi 1800 MHz. Persamaan model Okumura-Hatta yang digunakan yaitu persamaan (3) sebagai berikut (Hatta, 1968):

$$L_p(dB) = 69.55 + 26.16log_{10}(f) - 13.82\ log_{10}(h_b) - a(h_m) + (44.9 - 6.55log_{10}(h_b)log_{10}(d)) \quad (3)$$

dengan, f merupakan frekuensi *carrier*, h_b merupakan tinggi antenna BTS dan h_m merupakan tinggi antenna MS, dan $a(h_m)$ merupakan faktor korelasi tinggi antenna *user* yang didapat melalui persamaan (4), yaitu :

$$a(h_m) = (1.1log_{10}(f) - 0.7)h_m - (1.56log_{10}(f) - 0.8) \quad (4)$$

Kepadatan Trafik

Pada saat melakukan estimasi kepadatan trafik layanan LTE-A menggunakan *Offered Bit Quantity* (OBQ). OBQ adalah total bit *throughput* per km^2 pada jam sibuk. Parameter yang digunakan dalam menghitung OBQ suatu wilayah adalah penetrasi *user*, durasi panggilan efektif, *Busy Hour Call Attempt* (BHCA), dan *bandwidth* dari layanan (Uke, 2012; Septiawan Yusuf, 2015). Dari parameter tersebut didapatkan persamaan (5) untuk mencari OBQ sebagai berikut:

$$OBQ\ \left(\frac{kbps}{km^2}\right) = \sigma\ .p\ .d\ .BHCA\ .BW \quad (5)$$

dengan,
σ = kepadatan pelanggan (user/km^2),
p = persentase penggunaan tiap layanan,
d = durasi panggilan efektif (detik),
BHCA/3600 = panggilan/detik,
BW = *bitrate* (kbps).

Kepadatan trafik dalam sebuah sel didapatkan berdasarkan parameter-parameter yaitu nilai presentase pengguna tiap layanan, durasi panggilan efektif, BW, BHCA bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter-parameter tiap jenis layanan

Jenis Layanan	d (sekon)	p (%)	BW (kbps)	calls/hour
VOIP	180	2	16	0.218
Video Conference	120	5	512	0.109
Video Streaming	360	40	1792	0.236
Web Browsing	300	50	768	0.589
File Transfer	30	3	2048	0.436

Tabel 3. Kapasitas Sel tiap jenis modulasi

Bandwidth (MHz)	Kapasitas (Mbps)		
	QPSK	**16 QAM**	**64 QAM**
5	8.4	16.8	25.2
10	16.8	33.6	50.4
15	25.2	50.4	75.6
20	33.6	67.2	100.8

Kapasitas Sel

Kapasitas satu sel tergantung dengan penggunaan *bandwidth* dan jenis modulasi yang digunakan dalam perancangan. Berikut penggunaan *bandwidth* dan modulasi pada perancangan LTE-A (Uke, 2012; Septiawan Yusuf, 2015).

Pada penelitian ini, menggunakan jenis modulasi 16 QAM dan *bandwidth* 10 MHz untuk *macro cell*, sedangkan untuk *micro cell* menggunakan jenis modulasi 16 QAM dengan *bandwidth* 5 MHz. Bisa dilihat pada Tabel 3. (Uke, 2012; Septiawan Yusuf, 2015).

***Carrier to Interference Noise Ratio* (CINR)**

Carrier to Interference Noise (CINR) merupakan perbandingan antara power sinyal informasi (*carrier*) dengan rata-rata *co-channel interference power* dan *noise* yang terjadi, dari *transmitter* lain *(Huawei Technologies Co Ltd*., 2012; I Siomina, 2012). Sinyal interferensi ini menjadi *noise* bagi sinyal dari BTS lain. ketika mencari nilai CINR didapat melalui persamaan (6),(7) sebagai berikut.

$$\text{CINR} = \frac{P_{R\mu} - r\,(m)}{\sum_{T=0}^{T} I_T} \quad (6)$$

atau,

$$\text{CINR} = \frac{(P_{Rm} - P_{Lm}) \times g_i}{\sum_{i=1}^{n} (P_{R\mu} - P_{Lu}) \times g_c + \sigma^2} \quad (7)$$

dengan, $P_{R\mu}$ merupakan daya terima *user micro cell* (dBm), P_{Rm} merupakan daya terima user *macro cell* (dBm). P_{Lm} dan P_{Lu} merupakan *pathloss* masing-masing user terhadap eNB maupun LPN. g_i dan g_c merupakan gain *channel*. Sedangkan, σ merupakan *noise power*.

Throughput

Throughput adalah besarnya jumlah data yang diterima per satuan waktu. Perhitungan *throughput* (C) dilakukan dengan pendekatan formulasi Shannon (Andrea, 2005) seperti ditunjukkan pada persamaan (8) berikut.

$$C = Bw\ log_2(1 + SINR) \quad (8)$$

dengan asumsi bahwa $SINR$ sama dengan $CINR$ dan nilai noise dianggap ada sehingga, diperoleh persamaan (9)

$$C = Bw\ log_2(1 + CINR) \quad (9)$$

dengan Bw adalah *bandwidth* sistem yang digunakan, dan C dalam satuan bit per detik.

Fairness Index

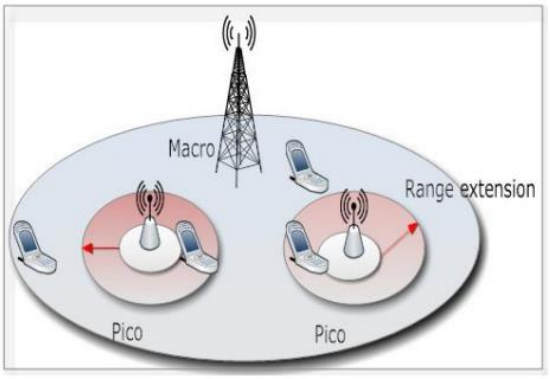
Load balancing bertujuan untuk mencapai distribusi yang adil dari pengguna di antara sel-sel dalam jaringan. Pada saat jaringan telekomunikasi yang diperlukan, pemilihan metode atau indeks yang dapat digunakan untuk membandingkan tingkat kewajaran strategi alokasi sumber daya tertentu. Hal ini lebih pada jaringan nirkabel dengan sumber daya nirkabel saluran harus digunakan bersama oleh banyak pengguna. *Fairness Index* ini memiliki tujuan umum yang telah banyak digunakan untuk mengukur tingkat kewajaran pada suatu sel (Wondmeneh A.M., 2012). Selanjutnya, untuk mencari nilai fairness didapat melalui persamaan (10) berikut

$$I = \frac{|\sum_{x=1}^{n} f_x|^2}{n \sum_{x=1}^{n} {f_x}^2} \quad (10)$$

Berdasarkan keterangan, n merupakan banyak user dan f_x merupakan fungsi parameter untuk dilakukan pencarian fairness. Pada penilitian ini f_x merupakan *throughput* sistem.

***Cell Range Extension* (CRE)**

Terdapat permasalahan yang terjadi di jaringan LTE-A yaitu permasalahan *overload data traffic* pada eNB maupun LPN. Untuk mengatasi trafik yang terjadi pada *macro cell* dan *micro cell* sehingga tidak menyebabkan *overload data traffic* diperlukan suatu teknik yang dapat meratakan jumlah *user*.



Gambar 5. *Cell Range Extension*

Load balancing didefenisikan sebagai suatu mekanisme yang digunakan pada jaringan untuk menyeimbangkan *user* dari sel yang memiliki beban padat atau besar ke sel tetangga yang berbeban kecil, hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan kapasitas pemakaian sel dan *Quality of Service* (QoS). *Load balancing* yang digunakan menggunakan metode *Cell Range Extension* (CRE), yaitu suatu metode yang digunakan untuk menambah cakupan sel dengan menambahkan daya terima yang berupa *offset* pada *user* secara virtual pada saat seleksi sel berlangsung (I Siomina, 2012; Wondmeneh A.M., 2012). Bisa dilihat pada Gambar 5.

Algoritma yang digunakan yaitu *algoritma load balancing* dimana dengan cara melihat kapasitas sebuah sel yang dibandingkan dengan *Offered Bit Quantity* (OBQ) total pada setiap sel pada saat jam sibuk. Mekanisme proses *load balancing* dengan ketentuan sebagai berikut. Pertama, membandingkan nilai OBQ total setiap sel, apabila OBQ total > Capacity sel, maka menandakan *overloaded*. OBQ total < *Capacity* sel menandakan *underloaded*. Selanjutnya, apabila OBQ total > *Capacity* sel, langkah selanjutnya membandingkan level daya terima (RSRP) antara sel sumber dengan sel tetangga. Batas *threshold* RSRP -70 dBm. Selanjutnya, membandingkan jarak minimum *user*, antara sel sumber dengan sel tetangga. Kemudian batas threshold sebesar 1500 m dari sel sumber atau 600 m dari sel tetangga (*micro cell*). Lalu, penambahan level daya terima pada saat proses seleksi sel dengan menambahkan *offset*, nilai *offset* maksimal 13 dB. Sehingga level daya terima menjadi (RSRP + *offset*). Apabila memenuhi batas *threshold* RSRP dan jarak minimum, maka *user* akan dialokasikan ke sel tetangga yang kepadatan trafiknya lebih sedikit dan masih dibawah kapasitas sel total.

Algoritma *load balancing* harus didistribusikan dan terpusat, tetapi tidak harus hirarkis. Hal ini dapat terletak di *server* atau eNodeB makro dengan kapasitas pengolahan yang lebih tinggi. Beban *balancing* harus dilakukan untuk sekelompok sel HetNet dengan ukuran yang sesuai. Misalnya dapat dilakukan di daerah perkotaan. Setiap sel akan mengumpulkan dan mengirimkan data *load balancing* yang diperlukan untuk pengolahan pusat simpul untuk sekelompok sel melalui X2 *interface*.

Tabel 4. ***Algoritma Load Balancing***

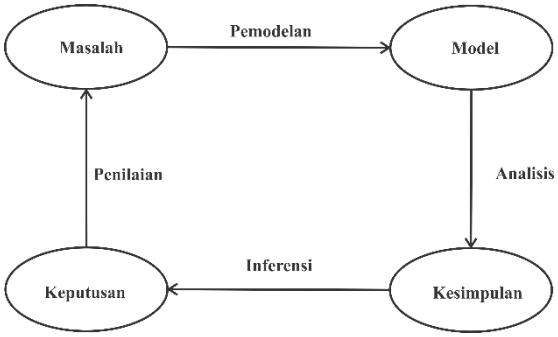
```
Input : PR,LP,r,iterasi,Cap
Output : CINR, I, C, OBQ, x, y
j=1, q=1, o=1, g=1, G=1

for i=1:iterasi do
if OBQ_tot > Cap
   % Mencari sel yang overloaded
   for x=1:length(PR)
   % Membandingkan Daya
     if PR(x) < th_RSRP then
      w=PR(x); w=x;
     end if
   end for
   for y=1:length(w) do
     if P_new >=w(y) then
     q=P_New + offset; //tambah offset
     end if
   end for
   % Membandingkan Jarak
   for x=1:length(r) do
      if r(x) > th_r then
       W= r(x); W= x;
      end if
    end for
    for y=1:length(W) do
        r_new=r(W(y));
     if r_new <= W && r_new<=th_r then
        L=r_new; L=W;
     end  if
    end for
  % Irisan dari RSRP dan Jarak
  h=intersect(G(),L());
  % Kapasitas Akhir
  x = n - length(h)
  y = m + length(h)
  end if
end for
```

Optimisasi

Optimasi digunakan untuk membuat keputusan yang optimal ketika berhadapan dengan suatu masalah dalam pengambilan keputusan. Optimasi dimulai dengan formulasi atau *modeling*. Dalam pemodelan

variabel didefinisikan untuk menggambarkan perilaku sistem yang diukur secara relevan. Setelah pemodelan masalah, maka analisis dapat dilakukan. Analisis matematis kemudian dapat digunakan untuk menarik kesimpulan dari pemodelan. Langkah berikutnya dalam optimasi yaitu membuat suatu inferensi, dimana hal tersebut menentukan apakah kesimpulan yang diambil cukup berarti untuk membuat keputusan. Langkah terakhir dalam optimasi adalah penilaian, hal ini dilakukan dengan menyimpulkan keputusan dengan cara menilai apakah hal tersebut memadai atau praktis untuk diimplementasikan. Jika keputusan yang tidak memadai atau tidak praktis maka model harus direvisi dan keseluruhan proses ini diulang dan secara terus menerus. Bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir optimisasi

Penggunaan *offset*, yang merupakan subjek dari penelitian ini, untuk *load balancing*
di HetNet adalah salah satu metode dari banyak metode yang dapat digunakan untuk optimasi jaringan radio HetNet yang dapat mengakibatkan *load balancing* di HetNet. Terdapat metode optimasi lainnya yaitu :

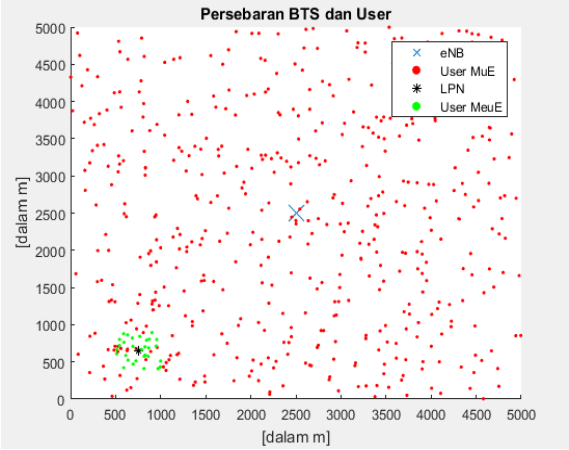
1. Merubah tinggi antena eNodeB atau penyesuaian azimuth: ketinggian Antena atau azimuth *macro cell* dapat disesuaikan sehingga kekuatan sinyal dari *macro cell* dapat berkurang di sekitar area sel LPN. Dengan cara ini berbagai sel LPN dapat meningkat.
2. Penyesuaian daya transmit: Transmit kekuatan daya pada *macro cell* dapat dikurangi sehingga untuk meningkatkan jangkauan sel LPN.
3. Relokasi LPN, berbagai LPN dapat ditingkatkan dengan mengubah lokasi LPN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menerapkan LTE-A *Load Balancing* yang menggunakan metode *Cell Range Extension* maka dapat dicapai penurunan jumlah *user* pada *macro cell* sehingga kepadatan trafik pada *macro cell* menjadi berkurang. Hasil dari simulasi penilitan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

Persebaran User

Pada Gambar 7. merupakan hasil pola persebaran *user* pada *macro cell* dan persebaran *user* pada *micro cell.*

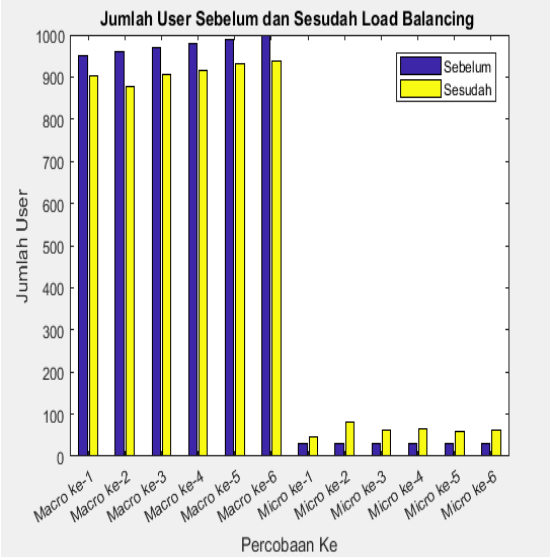


Gambar 7. Persebaran *user* pada *macro cell* dan *micro cell*

Pada Gambar 8. merupakan hasil simulasi *load balancing* pada LTE-A dengan memperhatikan syarat level daya terima (RSRP+*Offset*) *user* dari eNB sel tetangga lebih besar dari pada eNB sel sumber. Serta dengan memperhaitkan syarat jarak minimum yang dapat dicapai *user* terhadap eNB maupun sel tetangga (LPN).

Hasil *load balancing* untuk persebaran jumlah *user* pada *macro cell* maupun *micro cell*. Sebelum proses *load balancing* sebanyak

950, 960, 970,980,990 dan 1000 *user*, hal tersebut menyebabkan *overload data trafik* pada *macro cell* sehingga perlu dipindahkan ke sel terdekatnya yaitu *micro cell*. Jumlah *user* yang dipindah sebesar antara 30 – 52 *user*, sehingga jumlah *user* saat ini pada *macro cell* sebesar 904, 878, 907, 916, 931 dan 938 *user*. Hal ini menyebabkan jumlah *user* pada *micro cell* bertambah, yaitu menjadi 46, 82, 63, 64, 59, dan 62 *user* yang semula sebesar 30 *user*. Sehingga terjadi peningkatan kurang lebih 50 -100% dari total *user* pada keaadan awal. Bisa dilihat pada 8.



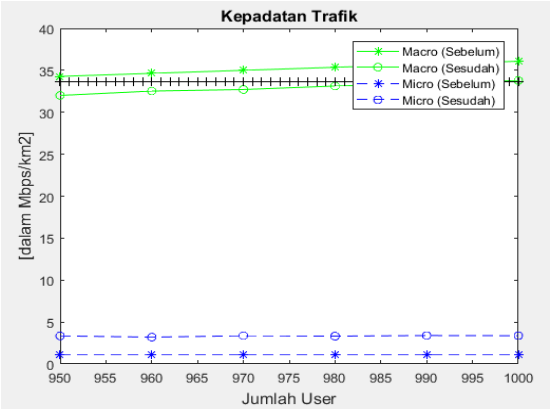
Gambar 8. Jumlah User Load Balancing

Selanjutnya berikut ini jumlah tiap cell akibat *load balancing* pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Jumlah *user* tiap cell akibat *load balancing*

			Sebelum	Sesudah
Jenis Sel	Macro cell	1	950	904
		2	960	878
		3	970	907
		4	980	916
		5	990	931
		6	1000	938
	Micro cell	1	30	76
		2	30	102
		3	30	93
		4	30	94
		5	30	89
		6	30	92

Kepadatan Trafik

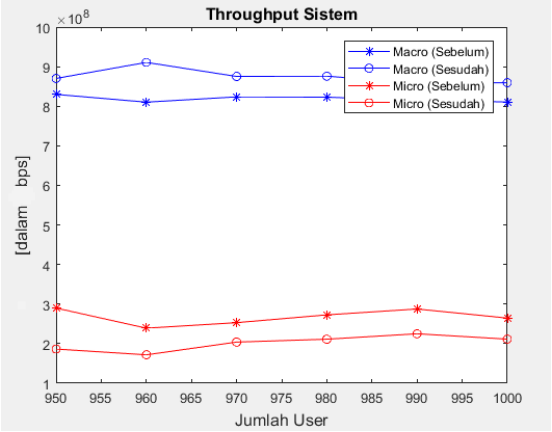


Gambar 9. Kepadatan Trafik

Pada gambar 9. merupakan hasil kepadatan trafik untuk 950 sampai 1000 *user*. Pada *macro cell* OBQ total pada awal sebelum dilakukan proses *load balancing* yaitu 34.28 Mbps, 34.64 Mbps, 35.00 Mbps, 35.36 Mbps, 35.72 Mbps, 36.08 Mbps, Sedangkan setelah melewati proses *load balancing* nilai OBQ menjadi 32.62 Mbps, 31.68 Mbps, 32.72 Mbps, 33.05 Mbps, 33.52 Mbps, 33.54 Mbps, Hal ini menunjukkan proses *load balancing* mampu untuk mengurangi kepadatan trafik di *macro cell* sebesar 5 – 8%. Akan tetapi, nilai OBQ pada *micro cell* mejadi bertambah yang semula dari 1.082 Mbps menjadi 2.74 Mbps, 4.04 Mbps, 3.35 Mbps, 3.39 Mbps, 3.21 Mbps, 3.31 Mbps. Hal ini menunjukan bahwa pada *micro cell* terjadi peningkatan kepadatan trafik (OBQ) sebesar 100% - 200%.

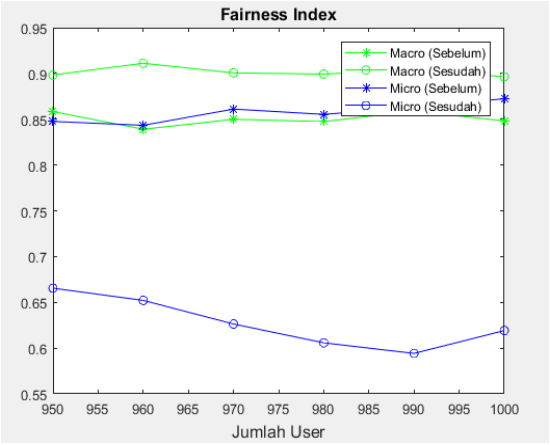
***Throughput* Sistem**

Berikut Nilai *Throughput* pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Nilai *Throughput*

Pada Gambar 10. merupakan hasil dari nilai throughput sistem. Pada saat sebelum dilakukan *load balancing* nilai *throughput* pada *macro cell* sebesar 82,9 Mbps, 81,0 Mbps, 82,3 Mbps, 82,2 Mbps, 81,4 Mbps, 81 Mbps, kemudian menjadi 87,0 Mbps, 91,07 Mbps, 87,52 Mbps, 87,59 Mbps, 85,81 Mbps, 85,94 Mbps, setelah dilakukan *load balancing*. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *throughput* sistem bertambah sebesar 5% - 10%. Sedangkan nilai *throughput* pada *micro cell* sebesar 29,0 Mbps, 23,9 Mbps, 25,3 Mbps, 27,2 Mbps, 28,7 Mbps, 26,4 Mbps, turun menjadi 18,6 Mbps, 17,1 Mbps, 20,3 Mbps, 21,1 Mbps, 22,4 Mbps, 21,108 Mbps. Hal ini menandakan bahwa *load balancing* menyebabkan nilai *throughput* pada *micro cell* turun sebesar 5% – 10%. Berikut gambar Nilai *Fairness Index* pada gambar 11.



Gambar 11. Nilai *Fairness Index*

Fairness Index

Pada Gambar 11. menunjukkan nilai fairness index pada macro cell sebelum proses *load balancing* sebesar 0.8583, 0.8390, 0.8499, 0.8474, 0.8588, 0.8481 kemudian setelah melalui algoritma *laod balancing* menjadi 0.8983, 0.9111, 0.900, 0.8993, 0.9039, 0.8964. Sehingga nilai fairness index pada *macro cell* naik sebesar 8% - 10% dari sebelumnya. Sedangkan nilai fairness index pada *micro cell* sebelum proses *laod balancing* sebesar 0.8475, 0.8433, 0.8610, 0.8553, 0.8629, 0.8724, lalu setelah melalui algoritma *load balancing* menjadi 0.6654, 0.6521, 0.6263, 0.6057, 0.5942, 0.6191. Hal ini menyebabkan fairness index pada *micro cell* turun sebesar 18 - 25%.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil dan analisa pengujian program simulasi *Heterogeneous LTE-A Netwrok Load Balancing* dengan *Cell Range Extension* maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu, kepadatan trafik user pada *macro cell* dapat berkurang 5%-8%, sedangkan pada *micro cell* menjadi bertambah. Nilai fairness index pada *macro cell* berubah naik 8% - 10% dari total *cell capacity*, sedangkan untuk nilai throughput sistem dapat meningkat sebesar 5%. Hal ini berakibat, nilai fairness pada *micro cell* menurun sebesar 18 % - 25%.

DAFTAR RUJUKAN

3GPP. (2011). *Technical Specification Group Radio Access Network; Requirements for further advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) LTE-Advanced*, Release 10. *3GPP TR 36.913 V 10.0.0*.

Andrea, G. (2005). *Wireless Communications. ISBN: 978-0-521-83716-3*.

Grande, R. D. (2013). *Performance Analysid of QoS in LTE-Advanced Heterogeneous Network*s.

Hatta, M. (1968). *Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Service*. IEEE Transaction on Vehicular Techonolgy, 317-325.

Huawei Technologies Co Ltd. (2012). *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. Huawei Tech.

I Siomina, D. Y. (2012). *Load Balancing in Heterogeneous LTE: Range Optimization via Cell Offset and Load-Coupling Characterization.* IEEE Transaction on Wireless Communications : Communication QoS, Reliability and Modeling Symposium.

Iana Siomina, D. Y. (2012). *Analysis of Cell Load Coupling for LTE Network Planing and Optimization.* IEEE

Transaction on Wireless Communications, Vol.11, No.6.

Septiawan Yusuf, I. S. (2015). *Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Time Division Duplex (TDD) 2300 MHz di Semarang Tahun 2015 - 2020.*

Uke, G. d. (2012). *Fundamental Teknologi Seluler LTE.* Bandung: Rekayasa Sains.

Wondmeneh A.M., K. R. (2012). *Load Balancing in Heterogeneous LTE-A Networks.* Sweden.

PROTOTIPE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Salsabila Ulfah Tian[1] dan Rustam Asnawi[2]
[1]Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Email : salsaulfahtian@yahoo.co.id
[2]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Email: rustam@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun perangkat keras, perangkat lunak dan mengetahui unjuk kerja prototipe sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*. Alat ini diharapkan dapat memudahkan proses monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya. Hasil pengujian menunjukan prototipe sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini dapat mendeteksi tegangan beban, tegangan pengisian baterai, arus beban, arus panel surya dan intensitas cahaya. Hasil pembacaan dan akuisisi data dari sensor-sensor dikirim ke website menggunakan jaringan internet dengan bantuan sebuah modem gprs *shield* sehingga data tersebut dapat dilihat di mana dan kapan saja. Tampilan pada website berupa tabel, grafik, dan dapat di*download* dengan format excel.

Kata Kunci : PLTS, Monitoring, *Internet of Things*

ABSTRACT

This study aims to develop the hardware, software and knowing the performance of the prototype of the monitoring system for solar power plant based on internet of things. This prototype is expected to facilitate the process of monitoring the *parameters of solar power generation. The test results show that the prototype of solar power plant monitoring system can detect the load voltage, battery charging voltage, load current, solar panel current and light intensity. The results of data acquisition from sensors are sent to the website using the internet network with the help of a gprs shield modem so the data can be seen anywhere and anytime. Views on the website in the form of tables, graphics, and can be downloaded in Excel format.*

Keyword : *Solar Power Plant, Monitoring, Internet of Things*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dengan beragam potensi alam. Pancaran sinar matahari, aliran air, dan sumber daya alam lainnya memiliki potensi yang bisa dijadikan sumber energi listrik alternatif. Sumber energi listrik alternatif merupakan pendukung keberlangsungan energi listrik ke depan. Semakin lama ketersedian batubara akan semakin menipis, sehingga harus diimbangi dengan sumber energi listrik alternatif. PLTS merupakan salah satu jenis pembangkit yang memanfaaatkan kondisi alam. Cara mengetahui kinerja PLTS yaitu dengan memonitor arus, tegangan, dan intensitas cahaya pada pembangkit, supaya terlihat kinerja dari pembangkit itu sendiri.

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) Pandansimo merupakan salah satu contoh sumber energi listrik alternatif gabungan dari PLTS dan PLTB. PLTH Pandansimo rutin memonitor kondisi pembangkit setiap satu jam sekali perharinya. Namun, pada PLTS monitoring yang dilakukan secara rutin ini masih menggunakan cara manual yaitu dengan melakukan mengukuran menggunakan alat ukur dan pencatatan langsung, sehingga data yang didapat juga terbatas. Maka akan lebih efisien

dan efektif saat monitoring dilakukan secara rutin dan otomatis.

Dewasa ini teknologi informasi dan komunikasi sudah semakin berkembang. Teknologi informasi dan komunikasi terkini adalah *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* merupakan teknologi yang memanfaat konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus adapun kemampuan seperti berbagi data dan kontrol sistem. Dari sini muncul ide pengembangan sistem monitoring menggunakan konsep IoT sehingga monitoring pada PLTS dapat dipantau hanya dengan melihat halaman website, maka arus, tegangan, dan intensitas cahaya dapat dengan mudah dipantau. Selain itu, tampilan yang dihasilkan mudah di analisis karena tampilan dapat berupa grafik. Dari penjelasan latarbelakang di atas kemudian muncul ide dan inovasi untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan sumber energi listrik alternatif yang memanfaatkan sinar matahari. Sinar matahari memiliki peranan penting pada proses yang terjadi di alam. Manfaat sinar matahari dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, contoh untuk menjemur pakaian atau menjemur hasil bumi. Potensi energi yang dihasilkan oleh matahari sangatlah banyak. PLTS merupakan bentuk pemanfaatan sinar matahari. Pembuatan pembangkit listrik tenaga surya ini menggunakan sistem *photovoltaic* atau biasa disingkat PV.

Kata '*photovoltaic*' terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos, photos:*cahaya) *dan Volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat PV (Muchammad, 2011).

Pada pembangkit listrik tenaga surya perangkat yang digunakan tidak hanya modul panel surya saja namun ada perangkat pendukung lainnya. Secara umum perangkat pelengkap PLTS yaitu solar charger control (SCC), baterai, dan inverter. Setiap perangkat memiliki fungsi masing-masing. SCC memiliki fungsi sebagai pengontrol sistem PV apabila ada *overload* atau *overcharging*. Baterai merupakan perangkat penyimpan energi listrik. Inverter berfungsi sebagai perubah listrik DC ke AC, apabila kita memiliki beban AC maka perlu adanya inverter karena listrik yang dihasilkan dari panel surya adalah DC.

Komponen-Komponen

1. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang dibangun pada sebuah *chip* tunggal yang dapat mengendalikan perangkat elektronik dengan proses pemrograman. Dalam pembuatan proyek akhir ini menggunakan mikrokontroler Atmega 328 yang sudah terpasang pada *board* arduino.

2. GSM/GPRS Modul

Gambar 1. Bentuk Fisik SIM 900A
(Sumber : www.dx.com)

GSM/GPRS modul merupakan perangkat yang dapat kita gunakan bersama *microcontroller* arduino. Salah satu modul GSM/GPRS ini adalah SIM 900A, bentuk fisiknya dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam proyek akhir ini kami memanfaatkan fitur data GPRS. Untuk mengakses SIM 900A menggunakan perintah AT Command (*Attention Command*) diprogram melalui *software serial* arduino IDE.

3. Sensor Arus ACS 712

Gambar 2. Sensor Arus ACS712
(Sumber : www.dx.com)

Sensor arus yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah sensor arus ACS712 (*Allegroo Current Sensor*) bentuk fisik dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 3. ACS 712 berfungsi untuk mendeteksi besaran arus yang mengalir lewat blok terminal.

4. Sensor Tegangan DC

Gambar 3. Sensor Tegangan
(Sumber : www.tokopedia.com)

Sensor tegagan berfungsi sebagai sensor pendeteksi besaran tegangan pada sistem PLTS. Modul ini pada prinsipnya menggunakan pembagi tegangan resistif, untuk menjalankannya menggunakan tegangan *input* sebesar 5V atau 3.3 V. Pada pemakaiannya untuk pembacaan tegangan maksimal yaitu pada 25 V.

5. Sensor Lux BH1750

Gambar 4. Sensor Lux BH1750
(Sumber : www.buaya-instrument.com)

Sensor Cahaya GY 302 merupakan jenis sensor cahaya yang berbasis IC BH1750. Modul ini memberikan nilai *output* digital melalui IC bus. Resolusi cahaya lux yang diukur maksimal yaitu 65.535 lux.

6. Trafo

Transformator merupakan alat yang dapat memindahkan tenaga listrik antara dua rangkaian listrik melalui induksi elektromagnetik. Prinsip kerja dari *Transformator* atau trafo yaitu ketika tegangan masukan AC pada bagian primer trafo menimbulkan fluks magnet yang menyambungkan ke lilitan sekunder. Trafo *Step-Down*, yang digunakan untuk sensor tegangan AC dengan gabungan rangkaian lainnya.

7. Website

Pada pembuatan proyek akhir ini penulis menggunakan hosting 000webhost.com. Website digunaan sebagai media penyimpan. Situs ini menawarkan fitur yang sangat fantastis bila dibandingkan dengan hosting berbayar. Pelanggan akan mendapatkan 1,5 GB *disk space*, 100 GB *Bandwith*, 2 MySql Database, PHP, *Custom Panel*, Fantastico dan *uptime* 99%.

METODE

Proses perancangan prototipe alat monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya melalui pendekatan penelitian *Research and Develompment* yang pada prinsipnya ada empat tahapan utama, yakni: (1) tahap analisis dan identifikasi kebutuhan; (2) tahap perancangan sistem; (3) tahap implementasi dan pengembangan; (4) tahap pengujian dan evaluasi.

Tahap Analisis dan Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan adalah tahap pertama dari proses pembuatan alat setelah muculnya ide/gagasan. Untuk merealisasikan pembuatan prototipe sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya ini, maka perlu diperhatikan kebutuhan: (1) sistem PLTS yang terdiri dari panel surya, scc, aki, dan inverter; (2) sistem monitoring menggunakan konsep IoT; (3) website sebagai media penyimpanan dan penampil data monitoring; (4) sensor yang digunakan pada proyek akhir ini menggunakan 4 macam sensor yaitu modul sensor tegangan DC, module sensor arus (ACS712), sensor tegangan AC dengan Trafo *Step-Down*, dan sensor BH1750 untuk mendeteksi lux atau intensitas cahaya.

Tahap Perancangan Hardware

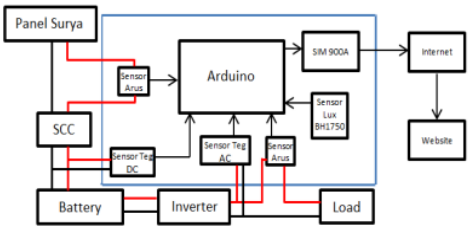
1. Perencanaan PLTS

Sel surya atau *photovoltaic* ini merupakan komponen utama dalam PLTS. Pada sistem monitoring PLTS ini menggunakan panel surya 50 Watt peak jenis *polychristally.* Sel surya 50 watt peak artinya sel surya ini mempunyai 50 watt peak pada saat matahari terik, peak 1 hari diasumsikan 5 jam. Dapat dihitung dalam satu hari 50 wp x 5 jam menghasilkan 250 watt hour perharinya.

Pada sistem panel surya ini harus didukung oleh perangkat lainnya seperti solar charger controller dan akumulator. Untuk SCC sendiri kami menggunakan SCC dengan jenis PWM type CMP12-10A. Akumulator yang digunakan dalam proyek akhir ini menggunakan jenis aki basah dengan kapasitas 35 Ah tegangan 12V. Daya yang tersedia pada aki tersebut 35 Ah x 12V = 420 Wh.

Perencanaan Sistem Monitoring

Alat ini menggunakan 4 jenis sensor yaitu sensor arus ACS 712, sensor tegangan dc, tegangan ac, dan lux. Pada rangkaian arduino ini nantinya akan membaca arus, tegangan, dan lux yang diolah oleh arduino dan kemudian hasil pembacaan sensor tersebut akan dikirim ke alamat website secara otomatis.

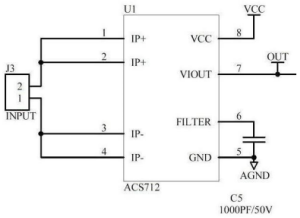


Gambar 5. Blok Diagram Perancangan Alat

1. Sensor Arus AC/DC

Sensor Arus yang digunakan adalah menggunakan IC ACS712, sensor ini dapat mengukur arus AC maupun arus DC memanfaatkan efek Hall. ACS712 ini memiliki kemampuan mendeteksi arus sampai 30A dimana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara llinier mulai dari 2,5V ($^1/_2$ x XCC, tegangan catu daya VCC = 5V) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +20A atau 0,5V pada arus sebesar -20A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkatan tegangan bekorelasi linier terhadap besaran arus sebesar 100mV/Ampere. Untuk mendapatkan nilai arus maka menggunakan persamaan berikut,

$$A = \frac{\frac{1024}{VCC} \times ADC\ value - 2{,}5}{0{,}1}$$



Gambar 6. Rangkaian Sensor ACS 712

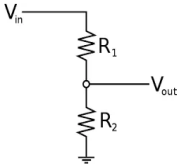
2. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi menurukan tegangan pada panel surya sampai batas kemampuan arduino. Rangkaian pembagi tegangan ini termasuk rangkaian yang sederhana yaitu dengan menserikan 2 buah resistor. Sesuai dengan hukum Ohm, maka pada rangkaian seri, besar arus yang mengalir adalah sama, tegangan tergantung dari nilai hambatan yang dilaluinya. Untuk persamaan yang digunakan dengan rangkaian seperti Gambar 3 adalah sebagai berikut,

Vout = (R1/(R1+R2)) x Vin

Dimana :

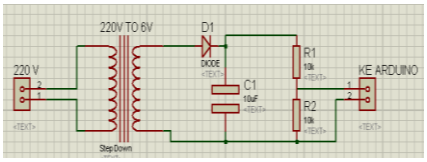
Vout = Tegangan keluaran
R1 = Resistor pertama
R2 = Resistor kedua
Vin = Tegangan masukan



Gambar 7. Rangkaian Sensor Tegangan DC

3. Sensor Tegangan AC

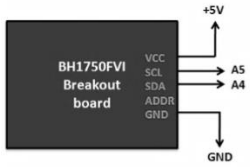
Pada tegangan AC untuk pendeteksian tegangannya menggunakan trafo *stepdown* 1 A dari 220 ACV yang diturunkan menjadi 6 ACV. Lalu setelah itu *output* dari trafo di searahkan melalui dioda. Karena tegangan searah dari keluaran dioda masih mengandung *ripple* tegangan maka digunakan kapasitor untuk *filter* tegangan dan setelah itu masuk kerangkaian pembagi tegangan terdiri dari resistor yang dipasang secara paralel. Fungsi resistor ini untuk menurunkan tegangan menjadi tegangan yang dikehendaki sehingga dapat diolah oleh Arduino. Tegangan 6 DC diturunkan menjadi 3 DC melalui pembagi tegangan, *output* dari rangkaian tersebut dihubungkan ke pin adc.



Gambar 8. Rangkain Sensor Tegangan AC

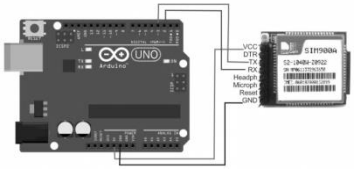
4. Sensor Intensitas Cahaya

Sensor untuk mengetahui intensitas cahaya atau mengetahui besaran lux pada sistem kerja *photovoltaic* adalah sensor GY302-BH1750. Sensor ini memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Kemampuan sensor BH1750 ini dapat mendeteksi cahaya 1-65535 lx, untuk pemasangan pada *board* arduino dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 9. Pemasangan Sensor BH1750

a. Pemasangan Modul SIM 900A



Gambar 10. Pemasangan SIM 900A

Modul SIM 900A merupakan modul sebagai media transfer data melalui jaringan internet. Pada pemasangannya SIM 900A ini memiliki 7 pin namun karena dalam proyek ini hanya menggunakan media pengiriman lewat internet maka pin yang kita hubungkan dengan *board* arduino yaitu ground, vcc, tx dan rx.

5. Perancangan Mekanik

Pada tahapan selanjutnya yang tidak bisa dilewatkan ada tahap perancangan mekanik atau box alat monitoring PLTS. Fungsi dari Box ini adalah untuk melindungi komponen-komponen alat monitoring. Box terbuat dari bahan dasar akrilik berbentuk balok tebal 2mm dengan ukuran 20cm x 12cm x 7 cm. Setelah dicutting selanjutnya yaitu proses perancangan box agar sesuai dengan kebutuhan maka masih diperlukan perakitan hasil akrilik, pengeboran, dan pemasangan komponen.

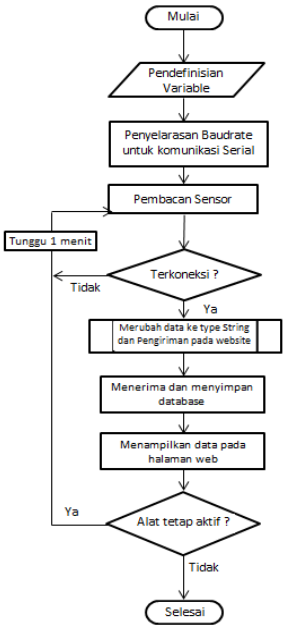
Tahap Perancangan Hardware

1. Perancangan Website

Proses yang dilakukan dalam pembuatan website yaitu meliputi pembuatan database, pembuatan desain layout, dan upload pada hosting.

2. Perencanaan Program Arduino

Dalam perancangan prototipe monitoring PLTS ini menggunakan piranti pengolah data dan kontrol berupa Arduino UNO R3. Program yang digunakan adalah bahasa C untuk memrogram secara umum dan untuk komunikasi SIM 900A menggunakan perintah AT-Command. Alur program atau flowchart dapat dilihat pada Gambar 11.

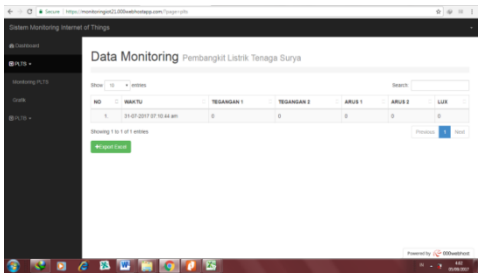


Gambar 11. Diagram Alir Program

HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi Alat

Wujud fisik hasil realisasi alat monitoring PLTS berbasis *internet of things* dapat dilihat pada Gambar 13. Sesuai dengan perencanaan mikrokontroller yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah Arduino UNO R3 untuk mengolah sensor dan pengirim data. Sensor yang digunakan ada 4 jenis sensor, yaitu : (1) sensor tegangan AC dengan trafo *step down* dan rangkaian pembagi tegangan dengan kemampuan maksimal membaca tegangan sebesar 230VAC; (2) sensor tegangan DC menggunakan dua resistor sebagai pembagi tegangan dengan kemampuan maksimal dapat membaca 25VDC; (3) sensor arus AC/DC menggunakan modul ACS712 memiliki kemampuan maksimal membaca arus 20A; (4) sensor intensitas cahaya menggunakan BH1750 dengan kemapuan maksimal dapat membaca 65.535 lux. Tampilan website dapat dilihat pada Gambar 12, alamat website yaitu monitoringiot21.000webhostapp.com. Data monitoring yang ditampilkan berupa tabel, grafik, dan *download* file dengan cara klik *export* excel, secara otomatis file akan ter*download* dengan format excel



Gambar 12. Realisasi Website

Gambar 13. Realisasi Alat Monitoring

Pengujian Alat

a. Sensor Tegangan AC

Sensor tegangan AC ini berfungsi untuk mengukur tegangan pada beban yang kemudian dikirimkan ke website. Cara kerja alat ini yaitu PIN ADC.0 pada arduino membaca tegangan DC lalu dikonversikan dengan pembacaan input tegangan maksimal harus 5 V. Berdasarkan tabel pengujian sensor tegangan AC sudah bisa bekerja sesuai fungsinya. Pengujian ini menggunakan alat ukur volt meter dan melakukan pengujian menggunakan catu daya 0 - 220V. Data pada Tabel 1 menunjukan bahwa pada saat tegangan catu daya naik pembacaan sensor juga mengikuti. Ditunjukkan bahwa selisih pengukuran tegangan paling besar yaitu 1,3 pada tegangan 80 pada Vsumber dan 78,7 pada pembacaan sensor. Sesuai dengan selisih yang tertera pada tabel didapatkan presentase rata-rata kesalahan pengukuran yang dihitung dengan membagi jumlah presentase kesalahan dibagi jumlah data.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC

No	V_{sumber}	Sensor	Selisih	Presentase Selisih (%)
	(V)	(V)	(V)	
1	0	0	0	0

2	30	29,59	0,41	1,37
3	40	39,64	0,36	0,9
4	60	58,98	1,02	1,7
5	80	78,7	1,3	1,63
6	100	99,44	0,56	0,56
7	120	119,47	0,53	0,44
8	140	139,47	0,53	0,38
9	160	159,25	0,75	0,47
10	180	179,41	0,59	0,33
11	200	199,21	0,79	0,39
12	220	219,24	0,76	0,35

b. Sensor Tegangan DC

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC

No	V_{Sumber}	Sensor	Selisih	Presentase Selisih (%)
	(V)	(V)	(V)	
1	0	0	0	0
2	4,7	4,6	0,1	2,13
3	6,9	6,8	0,1	1,45
4	8,7	8,5	0,2	2,3
5	10,5	10,3	0,2	1,9
6	12,1	12,1	0	0
7	13,1	12,8	0,3	2,29
8	16,8	16,6	0,2	1,19
9	20,3	20	0,3	1,48

Pengujian sensor DC ini digunakan alat pembanding yaitu ampere meter. Dalam cara kerjanya sensor ini ADC.1 pada arduino yang lalu dikonversikan, dikirimkan dan ditampilkan pada halaman website. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sesuai dengan Tabel 2 pengujiannya menggunakan sumber 0 – 20,3 Vdc. Sensor ini memiliki tingkat presentase selisih paling besar yaitu 2,3% pada tegangan Vsumber sebesar 8,7 Vdc dan hasil pembacaan sensor 8,5 Vdc. Sesuai dengan selisih pembacaan maka dapat dihitung presentase rata-rata kesalahan sesuai dengan pengujian yang sudah dilakukan.

c. Sensor Arus AC dan DC

Sensor ACS 712 dalam proyek akhir ini berjumlah duah buah yang berfungsi sebagai pendeteksi arus pada pv dan arus pada beban. Pengujian ini dilakukan dengan beban dan tegangan AC maupun DC. Cara kerja dari sensor ACS 712 menggunakan pin ADC.2 untuk arus AC dan ADC.3 untuk arus DC lalu di konversikan melalui arduino. Dalam pengujian AC hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3, pengujian menggunakan beban alat elektronik dengan watt sesuai dengan yang ada pada yaitu rentang 350 – 740 watt. Pada saat pengujian nilai selisih paling besar yaitu 0,06 dengan nilai perhitungan hukum Ohm saat beban 390 dan Tegangan 220, maka besaran arus seharusnya 1,77 namun pada pembacaan sesnor 1,83. Dari pengujian yang sudah dilakukan maka dapat dihitung presentase rata-rata kesalahan dengan membagi jumlah presentase kesalahan dengan jumlah data.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Arus AC

No	Besar Load	Teg	Rumus Arus (A)	Alat Monitoring	Selisih	Selisih (%)
	(Watt)	Load		(A)		
		(V)				
1	740	220	3,36	3,35	0,01	0,29
2	700	220	3,18	3,19	0,01	0,31
3	390	220	1,77	1,83	0,06	3,38
4	350	220	1,59	1,62	0,03	1,88

Pengujian sensor arus DC hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4, pengujian menggunakan beban resistor dan tegangan sesuai dengan tabel pengujian. Pada saat pengujian memiliki nilai selisih paling besar yaitu 0,05 pada saat beban 9 Ohm dan tegangan 9 V sesuai dengan hukum ohm maka nilai arus sesuai perhitungan adalah 1A, sedangkan pada pembacaan sensor 1,05A.

Dari hasil pengujian yang ada maka dapat dicari nilai presentase kesalahan dan rata-rata kesalahan yang dihigung dari persentase kesalahan dibagi jumlah data.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Arus DC

No	Besar Load	Teg Load	Hasil Rumus Arus	Alat Monitoring	Selisih (%)
	(Ohm)	(V)	(A)	(A)	
1	25	18	0,72	0,71	1,38
2	12	9	0,75	0,76	1,34

3	9	9	1	1,05	5
5	5	3,7	0,74	0,71	4,05

d. Sensor Intensitas Cahaya

Pengujian sensor BH1750 dilakukan dengan pembandingan dengan alat ukur luxmeter. Pembandingan dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dengan menggerakan lampu jarak tertentu. Hasil Pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5, didapat selisih paling besar yaitu 25 pada saat sumber cahaya pada jarak 20 cm pembacaan alat ukur 1453 sedangkan sensor membaca 1478. Dengan hasil pengujian tersebut dapat dihitung dengan membagi presentase rata-rata kesalahan dengan jumlah data.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Intensitas Cahaya

No	Jarak Sumber Cahaya	Luxmeter	Sensor	Selisih (%)
	(cm)	(Lux)	(Lux)	
1	50	132	133,33	1,01
2	40	216	213,33	1,24
3	30	337	330	2,08
4	25	1026	1015,7	1,01
5	20	1453	1478	1,72
6	15	1903	1928	1,31
7	10	2354	2375	0,89

e. Pengujian dan Pembahasan Keseluruhan

Pembahasan ini untuk melihat seberapa besar keberhasilan implementasi alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan di halaman bengkel pemeliharaan pada saat siang hari. Pengujian dilakukan dengan melihat kondisi alat monitoring dan sistem pemantauan melalui internet. Pengiriman data dimulai pukul 13.45 – 13.52 WIB dengan total pengiriman 8 data dapat dilihat pada Tabel 6, dengan waktu tunda pengiriman antara 50-65 detik. Pengujian ini dilakukan menggunakan baterai 32 Ah, panel surya 50 Wp, SCC, dan beban lampu 200 watt.

Tabel 6. Pengiriman dan Penerimaan Data

No	Data (Waktu, Tegangan Beban, Tegangan Pengisian Baterai, Arus Beban, Arus PV, Lux)	Selisih Waktu
1	Dikirim : 17/09/2017 13:44:44 | 200.59 | 17.33 | 0.98 | 2.08 | 35985 Diterima : 28. 17-09-2017 06:45:42 am 200.59 17.33 0.98 2.08 35985	62 detik
2	Dikirim : 17/09/2017 13:45:44 | 207.84 | 16.28 | 1.04 | 1.93 | 28382 Diterima : 29. 17-09-2017 06:46:36 am 207.84 16.28 1.04 1.93 28382	52 detik
3	Dikirim : 17/09/2017 13:46:38 | 208.09 | 16.99 | 0.96 | 1.93 | 30267 Diterima : 30. 17-09-2017 06:47:31 am 208.09 16.99 0.96 1.93 30267	53 detik
4	Dikirim : 17/09/2017 13:47:33 | 211.2 | 14.92 | 1.04 | 1.83 | 24693 Diterima : 31. 17-09-2017 06:48:26 am 211.2 14.92 1.04 1.83 24693	54 detik
5	Dikirim : 17/09/2017 13:48:28 | 200.85 | 15.65 | 1.07 | 1.83 | 23840 Diterima : 32. 17-09-2017 06:49:20 am 200.85 15.65 1.07 1.83 23840	52 detik
6	Dikirim : 17/09/2017 13:49:22 | 207.06 | 15.99 | 1.07 | 1.78 | 22847 Diterima : 33. 17-09-2017 06:50:14 am 207.06 15.99 1.07 1.78 22847	52 detik
7	Dikirim : 17/09/2017 13:50:16 | 202.14 | 17.04 | 1.04 | 1.83 | 24794 Diterima : 34. 17-09-2017 06:51:09 am 202.14 17.04 1.04 1.83 24794	53 detik
8	Dikirim : 17/09/2017 13:51:12 | 205.51 | 15.36 | 1.04 | 2.03 | 27983 Diterima : 35. 17-09-2017 06:52:03 am 205.51 15.36 1.04 2.03 27983	51 detik

Pada Tabel 8 menunjukan pembacaan sensor arus PV dan intensitas cahaya terhadap waktu. Hasil pengujian didapat bahwa arus puncak pada pukul 13.45 WIB sebesar 2,08 A begitu dengan intensitas cahaya memiliki nilai puncak pada waktu yang sama yaitu sebesar 35985 lux. Sedangkan memperoleh nilai terendah pada pukul 13.50 WIB dengan besar arus 1,78 dan besar intensitas cahaya 22847 lux. Hal ini membuktikan bahwa besar kecilnya arus yang dihasilkan PV tergantung dengan besarnya intensitas cahaya matahari, semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin tinggi nilai arus yang dihasilkan PV, begitu juga sebaliknya. Pada halaman website data yang tersimpan pada database akan selalu sama dengan yang ditampilkan pada *web browser*. Tampilan pada website berupa tabel, grafik, dan dapat didownload dengan format excel. Namun penampilan waktu pada database dan website masih menggunakan zona waktu *server* yaitu GMT +0.

SIMPULAN

Alat monitoring terdiri atas rangkaian Arduino UNO, SIM900A, sensor tegangan AC, sensor tegangan DC, sensor arus AC, sensor arus DC, dan sensor intensitas cahaya. Tiap sensor memiliki rata-rata tingkat kesalahan pengukuran tegangan AC sebesar 0,71%, pengukuran tegangan DC sebesar 1,41%, pegukuran arus AC sebesar 1,46%, pengukuran arus DC sebesar 2,94%, dan pengukuran intensitas cahaya sebesar 1,32 %. Alat monitoring ini penyimpanannya menggunakan database online dan ditampilkan dalam sebuah website. Pengiriman hasil pembacaan sensor ke website dilakukan setiap satu menit sekali, tampilan berupa tabel, grafik dan dapat di*download* dengan format excel.

DAFTAR RUJUKAN

Dayita, dkk. (2011). *Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Secara Wireless*. Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS.

Fitriandi Afrizal. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS *Gateway*. *Electrician*. Vol 10. No.2. 1-12.

Muchammad dan Setiawan Hendri. (2011). *Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 WP dengan Penambahan Reflektor. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi FT Universitas Wahid Hasyim Semarang*.

Muchammad dan Yohana Eflita. (2010). Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic* Module 50 Watt Peak terhadap Daya Keluaran yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor dengan Variasi Sudut Reflektor 0^0,50^0,60^0,70^0,80^0. *Rotasi Jurnal Teknik Mesin Unversitas Diponegoro*. Vol. 12. No.4. 1-5.

Quaschning, Volker. (2005). *Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA: Earthscan.

Sukandarrumidi. (2013). *Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*. Yogyakarta : UGM Press.

Toiq Nur Muhammad. (2017). *Membuat Desain Web Responsive dengan Bootstrap*. Diakses pada tanggal 19 Juli 2017, https://yukcoding.blogspot.com/2016/11/membuat-desain-web-responsive-dengan-bootstrap.html.

Vinay Sagar KN *and* Kusuma SM. Home Automation Using Internet of Things. *Intenational Research Journal of Engineering and Technolog*y (IRJET). Vol 2 Issue 3. 1-6.

Winasis dkk. (2016). Desain Sisitem Monitoring Sistem *Photovoltaic* Berbasis *Internet of Things* (IoT). *JNTETI*. Vol.5. No.4. 1-7.

MONITORING KECEPATAN DAN ARAH ANGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN KONSEP *INTERNET OF THINGS*

Athar Muhammad[1] dan Rustam Asnawi[2]
[1]Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
Email : atharmuhammad96@gmail.com
[2]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
Email : rustam@uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengetahui unjuk kerja alat monitoring kecepatan dan arah angin pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Alat monitoring kecepatan dan arah angin ini diharapkan dapat membantu dan mempermudah pemantauan secara *real time* dari sebuah PLTB. Alat monitoring kecepatan dan arah angin ini menerapkan konsep *Internet of Things* (IoT) dimana alat ini dapat mentransfer data melalui jaringan internet tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer dan data hasil monitoring dapat di akses secara langsung, kapanpun dan dimanapun memalui jaringan internet. Hasil dari penelitian ini dihasilkan alat yang dapat memonitoring kecepatan dan arah angin. Alat monitoring ini mempunyai tingkat kesalahan sebesar 1.93% untuk pembacaan kecepatan angin. Pembacaan arah angin sudah sesuai dengan penunjukan sirip sensor dan arah kompas. Data yang telah di proses oleh alat ini telah berhasil terkirim dan di tampilkan di website dalam bentuk grafik dan tabel serta dapat di unduh dalam format file excel.

Kata Kunci: Alat Monitoring, IoT, Kecepatan dan arah angin

ABSTRACT

This research is purposed to develop and know the performance of the prototype of wind speed and wind direction monitoring system for a Wind Power Plant. This wind speed and wind direction monitoring system is expected to facilitate the real time monitoring of some parameters in a Wind Power Plant. This wind speed and wind direction monitoring system was developed based on the concept of Internet of Things (IoT). This prototype can transfer data through internet network automatically without human to human interaction or human to computer interaction. Thus the data of the monitoring results can be accessed directly whenever and wherever through internet network. The result of this study is a tool that can monitor the speed and direction of the wind. This monitoring system has an error rate of 1.93% for wind speed readings. The wind direction is in accordance with the sensor cord design and the direction of the compass. Data that has been processed by this system has been successfully sent and displayed on the website in the form of graphs and tables and can be downloaded in Excel file format.

Kata Kunci*: monitoring tool, IoT, wind speed and direction*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) saat ini sudah mulai dikembangkan di berbagai tempat di Indonesia. Khususnya pada daerah tepian pantai dan daerah puncak gunung yang mempunyai potensi angin yang cukup besar. Pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik alternatif tentunya membutuhkan beberapa peralatan yang mendukung agar tercipta energi listrik yang optimal. Peralatan–

peralatan pendukung ini masih belum dikembangkan pada PLTB yang konvensional.

PLTB akan bekerja berdasarkan kekuatan dan arah datangnya angin yang ada. kondisi angin ini tidak tetap, terkadang sangat kuat dan terkadang juga lemah. Kondisi angin ini akan mempengaruhi tingkat kekuatan dari PLTB dalam menghasilkan energi listrik. Banyak parameter di PLTB yang harus di monitor secara *real time*. Parameter-parameter tersebut diantaranya adalah kecepatan dan arah datangnya angin untuk kemudian diolah dan disimpan sehingga ke depan dapat diketahui posisi kincir angin yang tepat agar dapat menghasilkan energi secara optimal.

Alat monitoring kecepatan dan arah angin di beberapa PLTB masih menggunakan sistem penyimpanan berupa kartu memori, sedangkan untuk mengetahui arah angin masih menggunakan metode konvensional, dimana untuk menetukan arah angin para teknisi harus melihat sirip penunjuk arah angin dengan mata telanjang belum menggunakan alat khusus yang dapat membaca arah datangnya angin.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dirancang alat monitoring kecepatan dan arah angin untuk sistem PLTB. Alat monitoring kecepatan dan arah angin ini dirancang menyesuaikan dengan perkembangan teknologi saat ini yaitu memenfaatkan teknologi berbasis mikrokontroler dan konsep *Internet of Thing*. Parameter kecepatan angin dalam satuan meter per detik (m/s) dan arah datangnya angin dari delapan arah mata angin. Kedua parameter tersebut di olah dan di kirim ke web sehigga data hasil monitoring dapat di pantau dengan lebih mudah, secara langsung, kapan saja dan dimana saja.

Alat monitoring kecepatan dan arah angin dilengkapi dengan sistem upload data secara otomatis ke web internet. Sistem ini difungsikan untuk mengirim data yang telah diolah oleh mikrokontroler ke web internet sehingga dapat mempermudah dalam mengetahui parameter dan kinerja dari PLTB selama 24 jam.

Parameter kecepatan angin merupakan massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal ataupun vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Angin dapat terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara tempat yang berbeda. Angin selalu mengalir dari tempat yang bertekanan udara tinggi ke tempat yang bertekanan udara rendah (Kurniawan: 2014). Apabila tidak ada gaya lain yang mempengaruhi, maka angin akan bergerak secara langsung dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Menurut hukum Buys Ballot, "Udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara arah gerakan angin berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan gerakan angin berbelok ke kiri". Pergerakan udara atau angin umumnya diukur dengan alat yaitu anemometer. yang didalamnya terdapat sebuah sensor yaitu *cup counter* sensor. Kecepatan angin dihitung dari jelajah angin (*cup counter anemometer*) dibagi waktu (lamanya periode pengukuran).

Arah angin adalah arah dari mana angin berhembus dan dinyatakan dalam derajat arah (*Direction Degree*) yang diukur searah dengan arah jarum jam mulai dari titik utara Bumi atau secara sederhana sesuai dengan skala sudut pada kompas (Raharjo dan Riyadi: 2004). Arah angin umumya di ukur menggunakan sersor *wind vane* dimana arah angin dinyatakan dengan sudut kompas, sudut 0 derajat atau 360 derajat menunjukkan utara (angin utara), sudut 90 derajat menunjukkan timur (angin timur), sudut 180 derajat menunjukkan selatan (angin selatan), dan sudut 270 derajat menunjukkan barat (angin barat).

Komponen Utama dan Pendukung adalah Arduino UNO Menurut Sulaiman (2012:1) Arduino merupakan platform open source baik secara *hardware* dan *software*. Arduino terdiri dari mikrocontroller megaAVR seperti ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, dan ATmega 2560 dengan menggunakan Kristal osilator 16 MHz, namun ada beberapa tipe Arduino yang menggunakan Kristal osilator 8 MHz. Catu daya yang dibutuhkan untuk mensupply minimum sistem Arduino cukup dengan tegangan 5 VDC. Port arduino Atmega series terdiri dari 20 pin yang meliputi 14 pin I/O digital dengan 6 pin dapat berfungsi sebagai output PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 pin I/O analog. Kelebihan Arduino adalah tidak membutuhkan flash programmer external karena di dalam chip microcontroller Arduino telah diisi dengan *bootloader* yang membuat proses *upload* menjadi lebih sederhana. Untuk koneksi terhadap komputer dapat menggunakan RS232 to TTL *Converter* atau menggunakan Chip USB ke Serial *convert*er seperti FTDI FT232. Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.

Gambar 1. Arduino Uno
(Sumber: https://www.arduino.cc)

Unit Penaik Tegangan DC ke DC Unit ini merupakan alat yang berfungsi untuk menaikkan tegangan DC ke DC. Modul regulator penaik tegangan ini mengunakan bahan solid capacitor dan PCB berkualitas untuk menjamin kualitas tegangan yang dibutuhkan. Untuk menyesuaikan tegangan cukup dengan memutar potensio yang ada pada board. Selain itu alat ini juga sudah di pasang voltmeter jadi tidak memerlukan alat ukur tambahan untuk melihat nilai tegangan keluaran atau masukan.

Gambar 2. Xl6009 DC-DC Step Up
(Sumber: https://www.jogjarobotika.com)

SIM900 GSM/GPRS merupakan salah satu produk GSM/GPRS serial Modem dari SIMCOM yang dapat di gunakan bersama microcontroller arduino baik untuk fitur SMS, Telefon ataupun data GPRS. Pada alat monitoring kecepatan dan arah angin, SIM900 merupakan alat yang berfungi untuk mengirimkan data yang telah di baca dan proses oleh arduino uno ke website internet.

Gambar 3. Modul SIM900 GSM/GPRS
(Sumber: http://i.stack.imgur.com/IwIem.jpg)

Modul sensor kecepatan angin dan arah angin merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur arah dan kecepatan angin di suatu daerah (Dandan Hendayana: 2011). Alat ini merupakan alat yang sangat penting dan sering di gunakan pada PLTB karena alat ini berfungsi untuk mengetahui dari mana arah angin datang dan berapa kecepatannya. Seperti kita ketahui bahwa daya listrik yang dihasilkan

kincir angin sangat di pengaruhi oleh kecepatan angin oleh sebab itu penggunaan sensor ini sangat di perlukan untuk menganalisis kinerja dari sebuah kincir angin pembangkit tenaga listrik.

Gambar 4. Sensor Kecepatan Angin
(Sumber:https://www.id.aliexpress.com)

Gambar 5. Sensor Arah Angin
(Sumber:https://www.id.aliexpress.com)

Internet of Things, atau dikenal juga dengan singkatan IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote kontrol, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Penelitian pada IoT masih dalam tahap perkembangan. Oleh karena itu tidak ada definisi yang pasti dari *Internet of Things*. *Internet of Things* memiliki potensi untuk mengubah dunia seperti pernah dilakukan oleh Internet, bahkan mungkin lebih baik (Kevin Ashton:2009).

Cara kerja *Internet of Things* yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang mana tiap-tiap perintah argumennya menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internetlah yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. IoT bekerja dengan menerjemahkan bahasa pemrograman yang sudah masukkan kedalam alat dari IOT tersebut. Dari penjelsan tersebut dapat di simpulkan bahwa *Internet of Thing* (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer.

Pada alat monitoring kecepatan dan arah angin ini konsep IoT di gunakan untuk mengirim data hasil monitoring kedalam website sehingga data monitoring tersebut dapat di pantau secara *real time*. Adapun web hosting yang digunakan dalam alat monitoring kecepatan dan arah angin ini adalah 000webhost. 000Webhost Hosting adalah penyewaan tempat untuk menampung data-data yang diperlukan oleh sebuah website sehingga dapat diakses lewat internet. Data disini dapat berupa file, gambar, email, aplikasi/program/script dan database. 000webhost.com adalah salah satu industri yang menyediakan layanan web hosting gratis.

METODE

Proses perancangan dalam pembuatan alat monitoring kecepatan dan arah angin ini melalui beberapa tahapan. Proses perancangan alat dimulai dari (1) analisis kebutuhan barang, (2) perancangan, (3) proses pembuatan dan (4) pengujian.

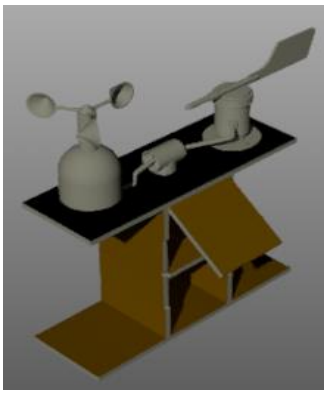
Analisis Kebutuhan Proses pembuatan alat monitoring kecepatan dan arah angin ini membutuhkan peralatan-peralatan dan sarana bahan untuk menunjang dalam pembuatan alat monitoring data. Beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring data ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Bahan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan
1	Papan kayu	Tebal 1 cm	2	Buah
2	Spacer	Panjang 6mm	4	Buah
3	Tenol	Merk Paragon	1	Gulung
4	Paku	Paku kayu	10	Buah
5	Engsel	Engsel besi 2”	1	Buah
6	Kabel Jumper	Male - Male	30	Buah
		Male - Female	30	Buah
7	Arduino Uno	Board mikrokontroler berbasis ATmega328	1	Buah
8	Modul GSM	SIM900 Quad-band GSM GPRS Shield	1	Buah
9	Modul regulator penaik tegangan	Xl6009 DC-DC Step Up	1	Buah
10	Terminal kabel	8 ruas 10 mm	1	Buah
11	Akrilik	Tebal 2 mm	1	Buah
12	Sensor arah angin	. Supply voltage: DC9-24V . Signal output: Voltage: 0-5v	1	Buah
13	Sensor kecepatan angin	RS485/232, 4-20mA/0-5 V	1	Buah

Tahap perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring kecepatan dan arah angin. Proses perancangan alat monitoring kecepatan dan arah angin ini melalui beberapa tahap. Tahap-tahap perancangan dan pembuatan meliputi perancangan tempat alat, perancangan penggunaan sensor dan komponen, perancangan website dan perancangan box pelindung.

Perancangan Tempat Alat Perencanaan mekanik ini digunakan untuk merencanakan desain yang akan digunakan sebagai tempat untuk meletakkan sensor kecepatan angin, sensor arah angin, penyimpanan kabel dan tempat alat monitoring. Desain tempat alat ini dirancang seperti pada Gambar 6.

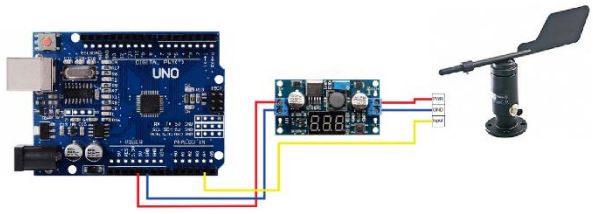


Gambar 6. Desain Tempat Alat

Perancangan penggunaan sensor dan komponen perancangan sensor ini meliputi perancangan catu daya untuk sensor, perancangan sensor arah angin, perancangan sensor kecepatan angin dan perancangan pengiriman data ke website.

Catu daya untuk sensor arah angin dan kecepatan angin menggunakan modul regulator penaik tegangan. Prinsip kerja regulator penaik tegangan ini adalah menaikan sumber tegangan DC dari 5 vdc arduino uno menjadi 9 vdc sesuai dengan kebutuhan sensor arah angin dan kecepatan angin.

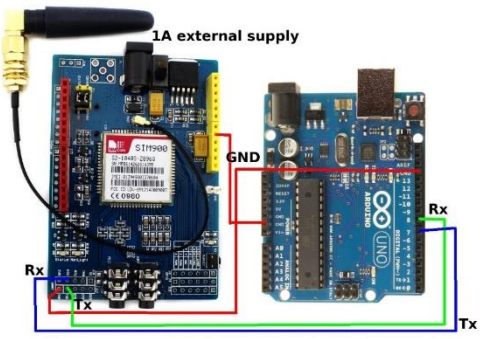
Perancangan sensor arah angin menggunakan sensor *wind vane* dimana output dari sensor arah angin dihubungkan ke pin analog pada Arduino. Saat memutar sirip sensor arah angin maka pin analog arduino membaca antara 0 hingga 1023. Arduino memiliki konverter analog 10 bit yang memberi nilai kisaran 0 sampai 1023. Nilai ini membuktikan bahwa saat memutar sirip output sensor arah angin sama dengan tegangan 0 sampai 5V. Oleh sebab itu dalam program arduino perlu



Gambar 7.Rangkaian Sensor Arah Angin

mengubah nilai 0 sampai 1023 menjadi kisaran 0 sampai 360 agar dapat menentukan arah angin.

Selanjutnya perancangan pengiriman data monitoring ke website. Data dari sensor arah angin dan kecepatan angin yang telah di olah oleh arduino uno akan dikirim ke sebuah website di internet menggunakan modul modem GPRS SIM900 dimana koding untuk pengiriman data di lakukan di *software* arduino IDE.



Gambar 8 Rangkaian System Pengiriman Data

Perancangan website menggunakan layanan web hosting 000webhost. Data kecepatan dan arah angin yang di kirim ke website ini akan di tampikan dalam bentuk grafik dan tabel sehingga mudah untuk di baca oleh siapapun. Selain itu data yang ada di website juga dapat langsung di unduh dalam format excel.

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan tahapan pengujian pada kedua sensor tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut. Pengujian sensor kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan kipas angin yang dapat diatur kecepatannya. Kemudian data yang di peroleh dari pembacaan dibandingkan dengan anemometer standar.

Tabel 2. Pengujian Pembacaan Sensor Kecepatan Angin

No	Kecepatan Kipas Angin	Kecepatan Angin		Selisih	Persentase
		Pembacaan Arduino (m/s)	Pembacaan Anemometer (m/s)		$\frac{\text{Selisih}}{\text{Pembacaan Alat}} x1$
1	Lambat	0,96	0,86	0.1	11.6 %
2		0,96	0,92	0.04	4.3 %
3		0,96	0,96	0	0 %
4		0,96	0,96	0	0 %
5		0,96	0,90	0.06	6.7 %
6		0,92	0,88	0.04	4.5 %
7		0,97	0,92	0.05	5.4 %
8		0,98	0,97	0.01	1.0 %
9		0,96	0,85	0.11	12.9 %
10		0,96	0,83	0.13	15.7 %
11	Sedang	1,81	1,81	0	0 %
12		1,81	1,85	-0.04	2.2 %
13		1,81	1,83	-0.02	1.1 %
14		1,81	1,81	0	0 %
15		1,82	1,82	0	0 %
16		1,81	1,79	0.02	1.1 %
17		1,81	1,65	0.16	9.7 %
18		1,81	1,73	0.08	4.6 %
19		1,81	1,75	0.06	3.4 %
20		1,81	1,82	-0.01	0.5 %
21	Cepat	2,37	2,30	0.07	3.04 %
22		2,35	2,36	-0.01	0.42 %
23		2,35	2,38	-0.03	1.26 %
24		2,35	2,32	0.03	1.29 %
25		2,35	2,32	0.03	1.29 %
26		2,34	2,36	-0.02	0.85 %
27		2,35	2,31	0.04	1.73 %
28		2,35	2,38	-0.03	1.26 %
29		2,35	2,24	0.11	4.91 %

No	Kecepatan Kipas Angin	Kecepatan Angin		Selisih	Persentase
		Pembacaan Arduino (m/s)	Pembacaan Anemometer (m/s)		$\frac{\text{Selisih}}{\text{Pembacaan Alat}} x1$
30		2,35	2,36	-0.01	0.42 %

Selanjutnya dilakukan pengujian sensor arah angin yang hasilnya seperti Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Pengujian Pembacaan Sensor Arah Angin

No	Sudut	Arah	Pembacaan Arah	
			Seusai	Tidak Sesuai
1	0/360 - 22	Utara	v	
2	23 - 67	Timur Laut	v	
3	68 - 112	Timur	v	
4	113 - 157	Tenggara	v	
5	158 - 212	Selatan	v	
6	213 - 247	Barat Daya	v	
7	245 - 292	Barat	v	
8	293 - 337	Barat Laut	v	

Kemudian dilakukan pengujian pengiriman data hasil akuisisi sensor ke website via gprs modem.

Tabel 4. Pengujian Pengiriman Data Ke Website

NO	Kondisi	HASIL		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Apakah alat dapat membaca sensor kecepatan angin?	V		Alat dapat membaca sensor kecepatan angin dalam satuan meter per detik (m/s)
2	Apakah alat dapat membaca sensor arah angin?	V		Alat dapat membaca sensor arah angin dengan sudut 0-360 derajat dan dapat menentukan arah angin dari delapan arah kompas
3	Apakah alat dapat mengirimkan data ke website (000Webhost)?	V		Alat dapat mengirimkan data monitoring kecepatan dan arah angin ke website dengan interval 1 menit sekali
4	Apakah data hasil monitoring dapat di tampilkan di website (000Webhost)?	v		Data berhasil di tampilkan dalam bentuk grafik dan tabel
5	Apakah data yang tampil di serial monitor sudah sesuai dengan data yang tampil di website?	v		Data antara tampilan di serial monitor aplikasi arduino dengan data yang tampil di website sudah sesuai
6	Apakah data yang tampil di website dapat di unduh dalam bentuk excel?	v		Data yang tampil di website dapat di unduh dalam format file excel

Dari hasil yang ditunjukkan dalam tabel di atas dapat dilihat bahwa alat sudah dapat membaca sensor kecepatan dalam satuan meter per detik dan dapat mementukan arah angin dari delapan arah mata angin. Alat sudah dapat mengirimkan data hasil monitoring kecepatan dan arah angin ke website. Data yang di tampilkan antara serial monitor aplikasi Arduino dengan yang ditampikan di website sudah sesuai. Data yang ditampilkan di website dapat diunduh dalam format excel.

Berdasarkan hasil pengujian sensor kecepatan angin pada Tabel 2 didapatkan persentase kesalahan pengukuran dan rata rata kesalahan pengukuran sebesar:

$$\text{Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Selisih}}{\text{Jumlah pembacaan alat}} \times 100\%$$
$$= (0.97/50.24) \times 100\%$$
$$= 1.93\%$$
$$\text{Rata-rata Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Persentase Kesalahan}}{\text{Jumlah Data Pengujian}} \times 100\%$$
$$= (101.17/30) \times 100\%$$
$$= 0.03\%$$

Adanya kesalahan dalam pengujian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya hembusan angin yang berbeda antara posisi sensor arah angin dengan posisi sensor anemometer. Kemudian juga karena adanya gaya gesek antara poros dengan baling-baling sensor, yang mana gaya gesek sensor kecepatan angin lebih besar dari pada sensor anemometer.

Pengujian sensor arah angin dilakukan untuk menentukan apakah alat dapat menentukan 8 arah mata angin atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memutar sirip penunjuk sesuai dengan arah kompas. Berdasarkan hasil pengujian alat dapat membaca arah angin dengan tepat dan sesuai dengan penunjukan sirip dan arah kompas.

Uji pengiriman data dari Arduino ke Website dilakukan dengan cara melihat di

website apakah ada penambahan data saat di lakukan pengiriman data. Lalu membandingkan apakah data yang terkirim sudah sesuai dengan data yang tertampil di serial monitor software Arduino. Berdasarkan hasil pengujian, prototipe dapat mengirimkan data kecepatan dan arah angin ke website yang sama persis dengan data yang tertampil di serial monitor. Data di website dapat di tampilkan dalam bentuk tabel dan grafik selain itu juga data di website berhasil di unduh dalam bentuk/format excel.

SIMPULAN

Unjuk kerja dari alat monitoring kecepatan dan arah angin meliputi pembacaan sensor kecepatan angin, pembacaan sensor arah angin dan pengiriman data ke website. Dimana alat ini mempunyai kesalahan sebesar 1.93% untuk pembacaan kecepatan angin. Pembacaan arah angin sudah sesuai dengan penunjukan sirip sensor dan arah kompas. Data yang telah di diakuisisi dan proses oleh Arduino telah berhasil terkirim dan di tampilkan di website dalam bentuk grafik dan tabel serta dapat di unduh dalam format file excel.

DAFTAR RUJUKAN

Derek, Oktavian, Drs. Elia Kendek Allo, MSc., Novi M. Tulung, ST., MT. (2016). *Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin Dengan Koneksi Wireless Menggunakan Arduino Uno*.UNSRAT. Manado.

Kurniawan,Andy.(2014).*Prinsip Kerja Anemometer Mangkuk*. Palembang.

Premadi, Aswir., dan Putra, Andi M Nur. (2014). *Perancangan Anemometer Berbasis Internet*. Institut Teknologi Padang.

Suarsana, Putu Arya., Kirom, M Ramdlan., dan Iskandar, Reza Fauzi.(2015). *Perancangan Dan Pembuatan Pengukur Laju Dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32*.Universitas Telkom.

Wijayanti, Dewi., Rahmawati, Endah., dan Sucahyo, Imam. (2009) . *Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno Atmega 328p*. UNESA.

Aspriyono, Hari. *Panduan Upload Web Ke Hosting Gratis*. Diakses pada 25 Juli 2017, dari dosen.unived.ac.id/hari/wp-content/UPLOAD-WEB-KE-HOSTING-GRATIS.pdf

Cactus.io .(2016). *Arduino Weather Station Project - Davis Anemometer*. Diakses pada 6 Maret 2017, dari http://cactus.io/projects/weather/arduino-weather-station-davis-anemometer.

Geeky Gadgets.(2016).*Arduino Wind Speed Meter Anemometer Project*. Diakses pada 6 Maret 2017, dari http://www.geeky-gadgets.com/arduino-wind-speed-meter-anemometer-project-30032016.

Hendayana, Dandan, SP.(2011). *Mengenal Nama dan Fungsi Alat-alat Pemantau Cuaca dan Iklim*. Diakses pada 14 Agustus 2017, dari https://dhkangmas.files.wordpress.com/2011/06/mengenal-nama-dan-alat-deteksi-cuaca-dan-iklim.pdf

Yuk Koding. *Membuat Web dengan PHP Ekstensi mysql dan Database MySQL*. Diakses pada 1 Agustus 2017, darihttps://yukcoding.blogspot.com.

ANALISIS PERFORMANSI JENIS FORMAT MODULASI PADA NG-PON2 MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TWDM

Dwiki Kurnia[1], Akhmad Hambali[2], dan Brian Pamukti[3]
[1]Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
E-mail: dwikikurnia@student.telkomuniversity.ac.id
[2]Dosen Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
E-mail: ahambali@telkomuniversity.ac.id
[3]Dosen Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
E-mail: brianp@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pada NG-PON2, teknik *multiplexing* yang telah distandarisasi oleh ITU-T yaitu *Time-and-Wavelength Division Multiplexing* (TWDM). Penelitian ini menganalisis pengaruh jenis format modulasi terhadap performansi dari jaringan NG-PON2 berbasis TWDM. Perlu dilakukan beberapa skenario simulasi, pertama dengan mengubah format modulasi yang digunakan dengan RZ, NRZ, RZ-DPSK, dan RZ-DQPSK. Skenario kedua dengan mengubah agregasi OLT yaitu 4λ dan 8λ pada setiap skenario pertama. Parameter kualitas yang digunakan yaitu Q-*Factor* dan *Bit Error Rate* (BER). Berdasarkan kedua skenario tersebut, didapatkan hasil yang paling baik yaitu format modulasi NRZ pada 4λ dan 8λ dengan hasil BER 8.6588 x 10^{-35} dan 6.7380 x 10^{-42}.

Kata Kunci: *Format Modulasi, Komunikasi Serat Optik, NG-PON2, TWDM.*

ABSTRACT

In NG-PON2, multiplexing techniques that have been standardized by ITU-T is TWDM. This research analyzed the influence of the type of modulation format toward the performance of TWDM based NG-PON2 network. Several simulation scenarios were performed, first by changing the modulation format used with RZ, NRZ, RZ-DPSK, and RZ-DQPSK. The second scenario was by changing the aggregation of OLT used of 4λ and 8λ. Quality parameters used are Q-Factor and Bit Error Rate (BER). Using several scenarios, the best result is NRZ modulation format at 4λ and 8λ with the result of BER 8.6588 x 10^{-35} dan 6.7380 x 10^{-42}, respectively.

Keywords: *Format Modulation, Optical Communication System, NG-PON2, TWDM.*

PENDAHULUAN

Pada era serba digital ini, kebutuhan *bandwidth* dan kecepatan transfer data semakin meningkat dengan pesat. Keterbatasan *bandwidth* dan laju bit yang belum cukup untuk menangani layanan *broadband* merupakan alasan bagi para pengembang jaringan akses untuk meneliti teknologi yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Permasalahan tersebut terpecahkan saat ditemukannya teknologi jaringan akses optik. Jaringan akses optik dipilih karena kebutuhan layanan masa kini yang terus meningkat sehingga dibutuhkan jaringan akses yang mampu melayani layanan suara, data, maupun video kualitas tinggi dengan performansi yang sangat baik. Jaringan akses optik yang sering dipakai yaitu pengembangan dari teknologi *Passive Optical Network* (PON). Salah satu teknologi PON yang sedang dikembangkan saat ini yaitu NG-PON2. NG-PON2 digagas dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan teknologi komunikasi masa depan yang membutuhkan *bandwidth* yang besar. Teknologi NG-PON2 telah distandarisasi pada tahun 2015 oleh ITU-T.

Persyaratan utama pada NG-PON2 untuk laju *bit rate* terdapat 3 macam dengan yaitu 2.5 simetris *upstream* dan *downstream*, 2.5 Gbps *downstream* dan 10 Gbps *upstream*, dan 10 Gbps simetris *upstream* dan *downstream* dengan sistem utamanya yaitu TWDM-PON (Asaka dan Kani, 2015: 2). Pada NG-PON2, teknik multiplexingnya yang digunakan yaitu TWDM dengan skema *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) pada saat *downstream* dan skema *Time Division Multiplexing* (TDM) pada saat *upstream*. Pada NG-PON2, untuk menghasilkan sistem NG-PON2 yang optimal maka diperlukan suatu format modulasi yang tepat. Format modulasi dapat mempengaruhi kualitas sinyal, kecepatan pengiriman, dan mengurangi efek dispersi (Israr dan Junaid, 2015: 77). Pada penelitian ini menganalisis pengaru format modulasi terhadap performansi dari jaringan NG-PON2 berbasis TWDM.

METODE

Apabila Metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Studi Kepustakaan

   Bertujuan untuk mempelajari dasar teori dari literatur-literatur terkait penggunaan cahaya dalam sistem komunikasi dan jenis-jenis komunikasi serial yang mungkin digunakan.

2. Perancangan Jaringan

   Bertujuan untuk merancang jaringan NG-PON2 berbasis TWDM dengan menggunakan berbagai jenis format modulasi dengan parameter agregasi OLT dan panjang gelombang pada perangkat lunak *Optisystem.*

3. Analisa Performansi

   Bertujuan untuk melakukan analisa performansi rancangan dengan mengacu pada parameter kualitas yaitu *Q-Factor* dan BER.

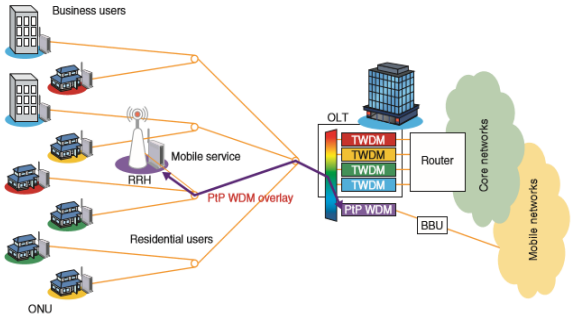
4. Kesimpulan

   Bertujuananalisa yang telah dilakukan.

NG-PON2

Pada tahun 2010, *Full Service Access Network* (FSAN) Group menginisasi dan mulai menentukan standar yang digunakan untuk teknologi NG-PON2. FSAN merupakan forum dengan pembahasan mengenai teknologi telekomunikasi terbaru khususnya teknologi PON. Rekomendasi dari ITU-T mengenai NG-PON2 telah ditetapkan pada seri G.989 yang termasuk didalamnya yaitu G.989, G.989.1.

Pada G.989.2. Pada Gambar 1 (Asaka dan Kani, 2015: 2) ditunjukan arsitektur umum pada NG-PON2.



Gambar 1. Arsitektur NG-PON2

Perlu dilakukan dua skenario simulasi, pertama dengan mengubah format modulasi yang digunakan dengan RZ, NRZ, RZ-DPSK, dan RZ-DQPSK. Skenario kedua dengan mengubah panjang gelombang yang digunakan pada setiap skenario pertama dengan 4λ dan 8λ. Dengan menggunakan kedua skenario tersebut didapatkan hasil yang paling baik yaitu format modulasi NRZ pada 4λ dan 8λ dengan hasil BER 86.588 x 10^{-36} dan 1.279 x 10^{-45}.

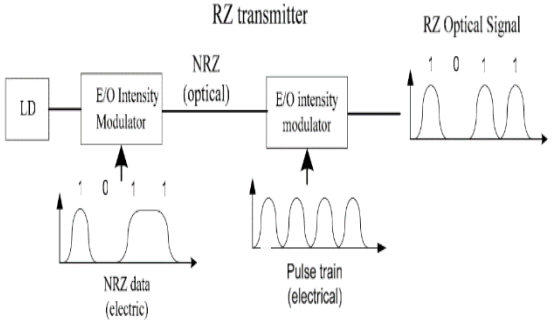
Terdapat beberapa rekomendasi dan persyaratan menurut (Caroll dkk, 2015) yang menjadi target utama pada teknologi NG-PON2 antara lain:

1. Dapat meningkatkan kapasitas agregasi setiap OLT dengan laju bit 40 Gbit/s.
2. Kecepatan yang diberikan pada setiap ONU yaitu dengan *downstream* 1 Gbit/s dan *upstream* 500 Mbit/s to 1 Gbit/s,
3. Mendukung lebih dari 64 ONU atau pelanggan setiap satu OLT,
4. Kompatibel dengan teknologi PON sebelumnya,
5. Mampu mencapai jarak maksimum 60 km.

Pada tahun 2012, TWDN-PON terpilih sebagai solusi utama dari teknologi NG-PON2. Pemilihan ini dilihat dari beberapa parameter yaitu biaya implementasi sistem, kematangan teknologi, *loss budget*, kompleksitas sistem, dan tingkat kehematan daya. Dengan teknologi TWDM menurut (Caroll dkk, 2015) terdapat 3 macam laju bit rate yang dapat dilayani yaitu 2.5 Gbps simetris, 2.5 *downstream* dan 10 Gbps *upstream*, dan 10 Gbps simetris.

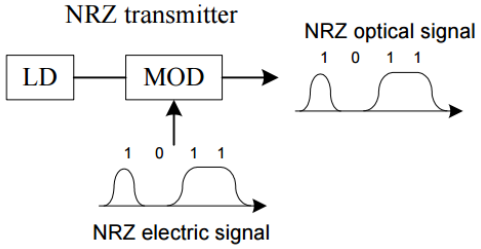
Format Modulasi

Pada format modulasi RZ, transisi level sinyal bangkit selama beberapa atau semua periode bit yang mengandung *timing* informasi. Format RZ membutuhkan dua kali *bandwidth* NRZ dan juga tidak terdapat kemampuan koreksi dan deteksi *error*. Pada *unipolar* RZ, bit "1" direpresentasikan oleh setengah periode bit pertama atau kedua. Bit "0" direpresentasikan pada saat tidak adanya sinyal yang masuk selama periode bit. Kekurangan format RZ *unipolar* yaitu apabila banyak bit "0" selama periode bit yang lama, maka dapat menimbulkan rugi-rugi pada waktu sinkronisasi (G. Keiser, 2010).



Gambar 2. Blok *transmitter* RZ

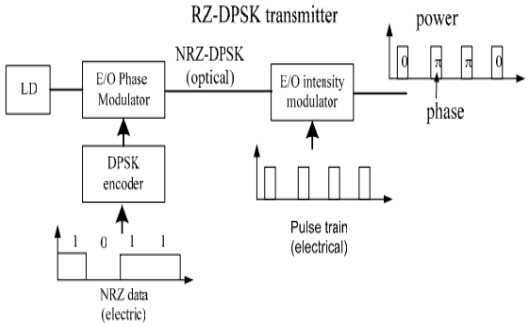
Pada format modulasi NRZ, mengirim setiap data *stream* secara serial dan on-off (*unipolar)* sinyal direpresentasikan sebagai bit "1" dari masukan arus atau cahaya yang masuk dan pada periode bit "0" sebagai tidak adanya cahaya yang masuk dan pulsa yang ditransmisikan. Format NRZ merupakan kode yang sederhana untuk membangkitkan dan mendeteksi sinyal. Kekurangan pada format NRZ yaitu tidak memiliki kemampuan untuk koreksi dan deteksi *error* maupun melakukan *self clocking* (G. Keiser 2010).



Gambar 3. Blok *transmitter* NRZ

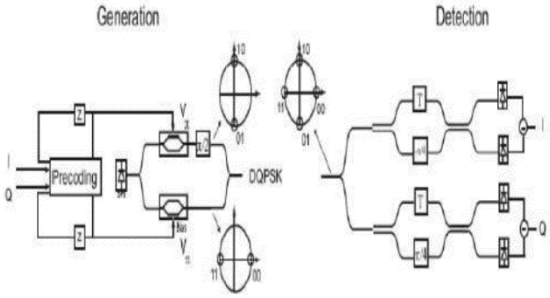
RZ-DPSK dapat meningkatkan toleransi sistem untuk distorsi nonlinier dan untuk mencapai jarak transmisi yang lebih jauh. Pada RZ-DPSK, lebar pulsa optik lebih sempit dibandingkan dengan slot bit sehingga daya sinyal optik kembali ke nol setiap slot

bit. Selanjutnya, untuk menghasilkan sinyal optik RZ-DPSK, digunakan perangkat tambahan yaitu *intensity modulator* (Zulia, 2016).



Gambar 4. Blok *transmitter RZ-DPSK*

DQPSK merupakan salah satu jenis dari PSK yang diperuntukkan pada laju *bit rate* dengan kecepatan tinggi. Sifat dari modulasi DQPSK yaitu mengirim bit dalam empat waktu fasa yaitu $(0,+\frac{\pi}{2},-\frac{\pi}{2},\ \pi)$ ke dalam satu rate simbol dari total *bit rate*.



Gambar 5. Skema modulasi DQPSK

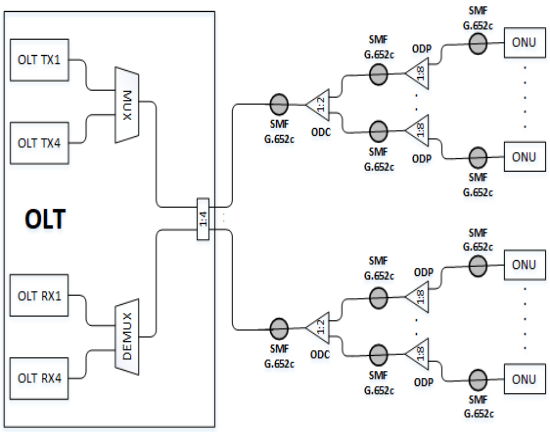
DQPSK memecah data *stream* menjadi dua dan menggunakan modulasi DPSK pada setiap *stream* dan menggunakan delay $\frac{\pi}{2}$ pada salah satu *stream* yang kemudian disatukan kembali dan menghasilkan empat shift fasa. Simbol informasi DQPSK dikodekan dalam satu fasa yang kemudian berubah-ubah setiap pergantian simbol satu dengan simbol lainnya. DQPSK lebih melihat perubahan itu sendiri yang diterjemahkan ke dalam fasa dibandingkan melihat satu fasa yang dideteksi secara utuh, sehingga sistem modulator dan demodulatornya menjadi lebih rumit (Condro, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode penelitian pada mulanya menentukan parameter pada transmitter, transmisi, dan receiver. Selanjutnya dari sistem tersebut, dilakukan pemodelan kombinasi topologi dengan menambah jumlah ODC. Penelitian ini memiliki 2 skenario penelitian, skenario pertama dengan mengubah format modulasi yaitu RZ, NRZ, RZ-DPSK, dan RZ-DQPSK. Skenario kedua yaitu mengubah 4λ dan 8λ pada setiap skenario pertama dengan kanal spasi 0.85 nm dimulai dari panjang gelombang 1596.34 nm. Kemudian dilakukan pemodelan sistem NG-PON2 sesuai dengan rancangan skenario pertama dan TWDM-PON secara umum berdasarkan ITU-T. Performansi jaringan dianalisis menggunakan nilai SNR, Q-Factor dan BER. Penelitian diakhiri dengan melakukan perbandingan terhadap setiap performansi skema.

Model Sistem

Berikut ini diagram sistem TWDM-PON pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Diagram sistem TWDM-PON

Model Perancangan sistem jaringan NG-PON2 berbasis teknologi TWDM mengacu pada Gambar 6. Terdapat beberapa bagian utama pada sistem jaringan tersebut yaitu bagian pengirim berupa OLT, bagian kanal transmisi, dan bagian penerima berupa ONU. Perancangan sistem ini menggunakan 4 OLT dan 8 OLT yang terdiri dari *transmitter*

dan *receiver*. Pada blok transmisi ODN (Optical Distribution Network) yang terdiri dari serat optik G.652c serta dua tingkat titik pembagi dengan total rasio *splitter* 1:64. Pada bagian OLT dan ONU terdapat sistem format modulasi yang menjadi fokus utama dari penelitian ini.

Tabel 1. Parameter *transmitter* NG-PON2

Parameter	Nilai
Bitrate per channel (DS)	10 Gbps
Bitrate per channel (US)	2.5 Gbps
Transmit power (DS)	3-8 dBm
Transmit power (US)	3-9 dBm
Channel spacing	100 Ghz
Bandwidth	2.5 Ghz

Bagian utama yang berfungsi sebagai pengirim informasi dari sentral ke pelanggan yaitu o*ptical transmitter* dengan nama perangkat OLT. Pada Tabel 1 (ITU-T G.989.2) dijelaskan parameter yang digunakan pada blok *transmitter* OLT sesuai rekomendasi ITU-T G.989.2. Pada blok *transmitter* menggunakan agregasi 4 OLT dan 8 OLT dengan *bitrate downlink* per kanal yaitu 10 Gbps sehingga menghasilkan total agregasi *bitrate* 40 Gbps dan 80 Gbps. Pada arah *uplink*, bitrate per kanal yaitu 2,5 Gbps sehingga menghasilkan total agregasi *bitrate* 10 Gbps dan 20 Gbps.

Daya pancar yang dapat digunakan pada *transmitter downstream* yaitu berkisar 3-9 dBm, namun pada penelitian ini menggunakan 7 dBm yang dihitung berdasarkan perhitungan manual *Link Power Budget* dibawah ini.

$$\alpha tot = L.\alpha f + Nc.\alpha c + Ns.\alpha s + Sp$$
$$\alpha tot = (20x0.3) + (2x0.35) + (8x0.25) + (2x0.1) + 7.25 + 3.7 + 10.38$$
$$\alpha tot = 30.23\ dB$$

$$\text{Pr} = 7\ dBm - 30.23\ dB = -23.23\ dBm$$

Pada saat menggunakan 7 dBm, dihasilkan daya terima sebesar -23.23 dBm yang masih sesuai dengan spesifikasi daya terima berdasarkan ITU-T G.989.2. Berikut tabel frekeunsi NG-PON2

Tabel 2. Frekuensi NG-PON2

Kanal	*Downstream* (THz)	*Upstream* (THz)
1	187.8	195.6
2	187.7	195.5
3	187.6	195.4
4	187.5	195.3
5	187.4	195.2
6	187.3	195.1
7	187.2	195.0
8	187.1	194.9

Kanal spasi yang digunakan yaitu 100 THz atau 0.85 nm dengan panjang gelombang *downstream* dan *upstream* dimulai dari 1596.34 nm dan 1532.68 nm. Frekuensi dan panjang gelombang NG-PON2 pada Tabel 2 (ITU-T G.989.2) diterapkan pada penelitian ini.

Pada penelitian ini menggunakan *two stage* dengan *splitter* pertama 1:2 diletakkan pada sisi ODC dan *splitter* kedua 1:8 diletakkan pada sisi ODP, ditambah satu *splitter* di sisi OLT. Berikut dibawah ini spesifikasi komponen distribusi pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi komponen distribusi

Komponen	Redaman (dB)
Konektor SC/UPC	0.25
Konektor SC APC	0.35
Sambungan	0.10
Splitter 1:2	3.70
Splitter 1:4	7.25
Splitter 1:8	10.38

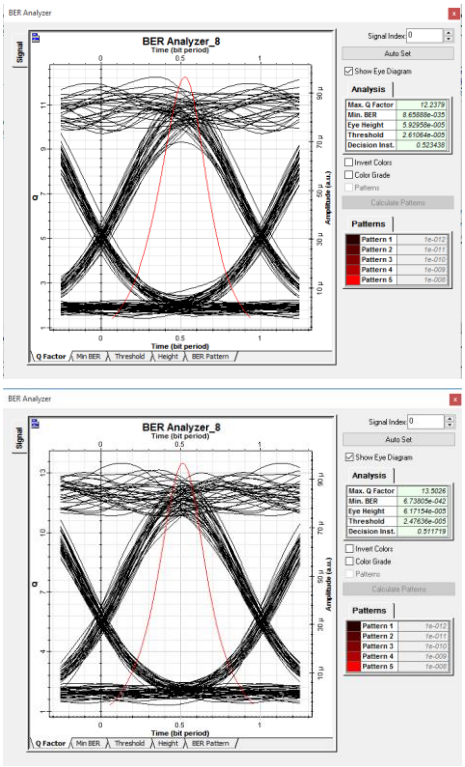
Setelah cahaya ditransmisikan melewati ODN, cahaya tersebut sampai pada bagian penerima dengan terlebih dahulu melewati *filter* dan *photodiode*. Berikut

parameter blok *receiver* pada Tabel 4 (ITU-T G.989.2).

Tabel 4. Parameter *receiver* NG-PON2

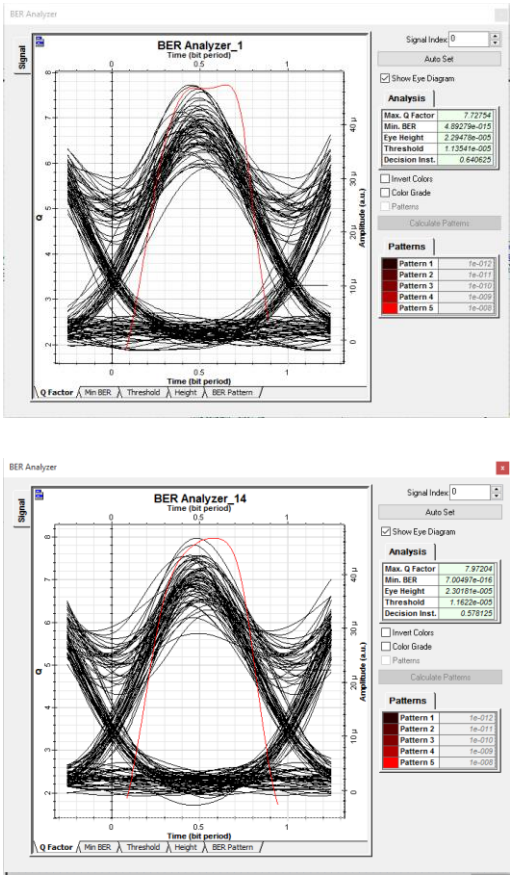
Parameter	Nilai
Photodetector	APD
Bandwidth	2.5 GHz
Filter type	*Bessel*
Temperature	298 K
Responsivity	0.85 A/W
Avalanched gain	10
Resistance	50 Ohm
Ionization ratio	0.45

Analisis Format Modulasi



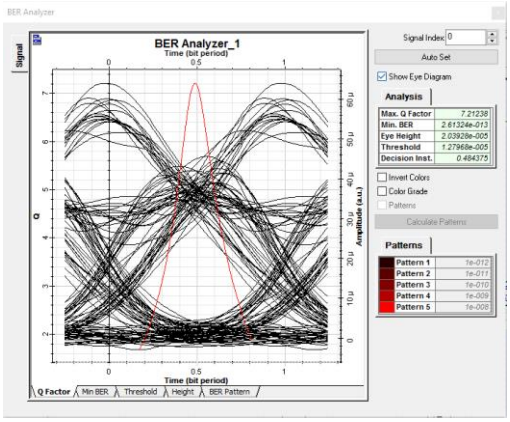
Gambar 7. *Eye Diagram* NRZ 4λ dan 8λ

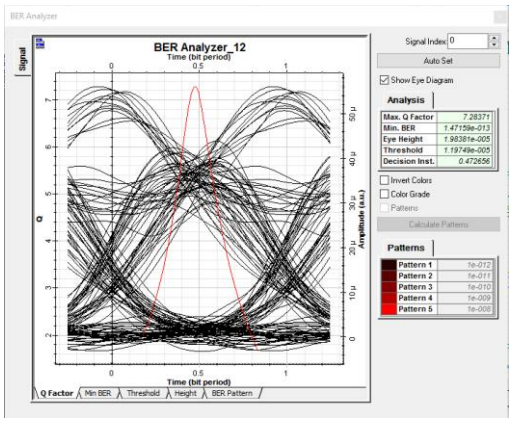
Hasil *eye diagram* pada skenario format modulasi NRZ ditunjukkan pada Gambar 7 dengan 4λ menghasilkan BER 8.65888 x 10^{-35} dan *Q-Factor* 12.2379. Sedangkan dengan 8λ menghasilkan BER yang lebih baik yaitu 6.73805 x 10^{-42} dan *Q-Factor* 13.5026.



Gambar 8. *Eye Diagram* RZ 4λ dan 8λ

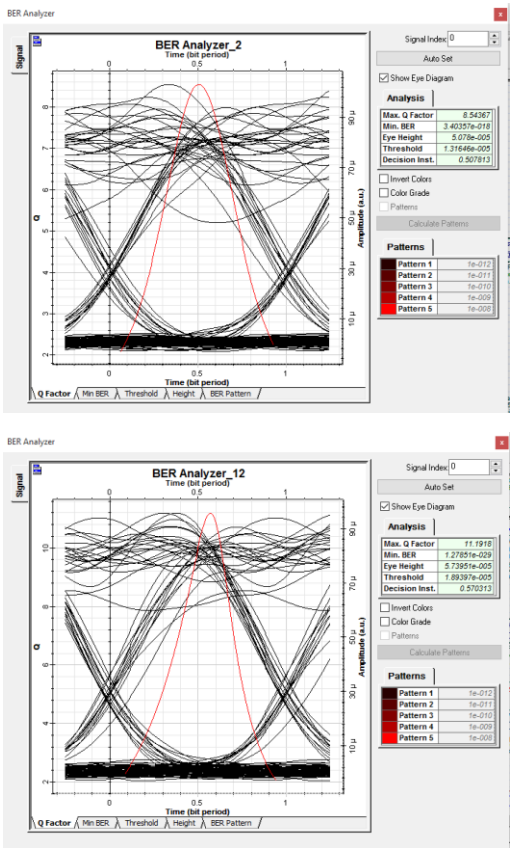
Hasil *eye diagram* pada skenario format modulasi RZ dapat dilihat pada Gambar 8 dengan 4λ menghasilkan BER 4.89279x10^{-15} dan *Q-Factor* 7.72754. Sedangkan dengan 8λ menghasilkan BER yang lebih baik yaitu 7.00497 x 10^{-16} dan *Q-Factor* 7.97204.





Gambar 9. *Eye Diagram* RZ-DPSK

Hasil *eye diagram* pada skenario format modulasi RZ-DPSK dapat dilihat pada Gambar 9 dengan 4λ menghasilkan BER 2.63124 x 10^{-13} dan *Q-Factor* 7.21238. Sedangkan dengan 8λ menghasilkan BER yang lebih baik yaitu 1.47159 x 10^{-13} dan *Q-Factor* 7.28371.



Gambar 10. Eye Diagram RZ-DQPSK

Hasil *eye diagram* pada skenario format modulasi RZ-DQPSK dapat dilihat pada Gambar 10 dengan 4λ menghasilkan BER 3.40357 x 10^{-18} dan *Q-Factor* 8.54367. Sedangkan dengan 8λ menghasilkan BER yang lebih baik yaitu 1.27851 x 10^{-29} dan *Q-Factor* 11.1918.

Tabel 3. Hasil BER 4λ

FM	*Bit Error Rate*	*Q-Factor*
RZ	4.8928 x 10^{-15}	7.72754
NRZ	8.6588 x 10^{-35}	12.2379
RZ-DPSK	2.6312 x 10^{-13}	7.21238
RZ-DQPSK	3.4035 x 10^{-18}	8.54367

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa format modulasi dengan BER yang paling baik yaitu format modulasi NRZ dengan nilai BER sebesar 8.6588 x 10^{-35}.

Tabel 4. Hasil BER 8λ

FM	*Bit Error Rate*	*Q-Factor*
RZ	7.0049 x 10^{-16}	7.97204
NRZ	6.7380 x 10^{-42}	13.5026
RZ-DPSK	1.4715 x 10^{-13}	7.28371
RZ-DQPSK	1.2785 x 10^{-29}	11.1918

Berdasarkan Tabel 4, format modulasi dengan BER terbaik pada 8λ yaitu format modulasi NRZ dengan nilai BER sebesar 6.7380 x 10^{-42} dan *Q-Factor* sebesar 13.5026.

SIMPULAN

Format modulasi RZ, NRZ, RZ-DPSK, dan RZ-DQPSK dapat digunakan pada jarak 20 km pada agregasi OLT 4λ dan 8λ.

Berdasarkan perbandingan *bit error rate* pada empat format modulasi yang diuji, didapatkan format modulasi terbaik yaitu NRZ pada 4λ maupun 8λ demgam BER yang dihasilkan sebesar 8.6588 x 10^{-35} dan 6.7380 x 10^{-42}.

DAFTAR RUJUKAN

Asaka, K., & Kani. (2015: 2). *Standardization Trends for Next-Generation Passive Optical Network Stage 2 (NG-PON2)*.

Caroll dkk. (2015). *FSAN Highlights & NG-PON2 Standards Update*.

Hantoro dan Karyadi. (2013). *Pengenalah FTTH*. Jakarta: PT. Indobiz Connection.

Israr, A., & Junaid. (2015: 77). *Performance Analysis of Advance Optical Modulation Formats For GPON System.*

ITU-T G.989.2. (2014). *40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification.*

Karimah, Z., N. (2016) Analisis *Perbandingan Kinerja Modulator Optik Mach-Zender Berdasarkan Ragam Format Modulasi Melalui Serat Optik Non-Linier Pada Jaringan FTTH.*

Keiser, G. (2010). *Optical Fiber Communication Third Edition, McGraw-Hill Higher Education.*

Prakoso, C. A,. (2013). *Analisa Format Modulasi RZ dan NRZ - DQPSK Pada Sistem Komunikasi Optik 40G DWDM Multikanal.*

.

Trainer Programmable Logic Controller untuk Pembelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik Di SMKN 1 Padang

Fivia Eliza[1], Hamdani[2], dan Cut Rafika[3]
[1]Dosen Teknik Elektro FT UNP
Email : fivia_eliza@yahoo.com
[2]Dosen Teknik Elektro FT UNP
Email : hamdani06061988@gmail.com
[3]Mahasiswa Teknik Elektro FT UNP

ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi oleh belum tersedianya media pembelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik, sehingga membuat siswa sulit memahami materi yang diajarkan. Tuntutan dalam pembelajaran MSPE adalah siswa terampil dalam merancang sistem kendali elektronik. Siswa harus mampu berpikir kritis, kreatif dan bersemangat dalam pembelajaran. Oleh karena itu, perlu dikembangkan media pembelajaran trainer PLC untuk mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik di SMKN 1 Padang. Jenis penelitian ini adalah pengembangan (*Research and Development*) model 4D. Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan trainer PLC yang dikembangkan adalah sangat (valid, praktis dan efektif).

Kata kunci:Trainer *Programmable Logic Controller*, MSPE, R&D

ABSTRACT

This research was motivated by unavailability of instructional media on MSPE subject matter, that can make the students difficult to understand the taught material. The purpose of the learning was to lead the students on critical thinking process, creative and decreasing student's interest in learning. Therefore, it is necessary to develop a PLC trainer learning media for the subjects of Operating Electronic Control System in SMKN 1 Padang. This type of research was the development (Research and Development) that adopted 4D model. Based on the research results can be concluded PLC trainer developed is very (valid, practical and effective).

Keywords: *Programmable Logic Controller Trainer*, MSPE, R&D

PENDAHULUAN

Pembangunan pendidikan nasional ditunjukkan untuk mewujudkan cita-cita kemerdekaan bangsa Indonesia, khususnya dalam upaya mencerdaskan kehidupan bangsa sehingga akan menjadi bangsa yang beradap dan dapat bersaing didunia Internasional. Untuk itu, negara Indonesia sudah mulai mengarahkam fungsi pendidikan formal terutama sekolah-sekolah menengah dan perguruan tinggi sebagai tempat latihan serta persiapan tenaga kerja utuk memenuhi kebutuhan lapangan akan ketenagakerjaan.

Terkait dengan pendidikan, untuk tercapainya tujuan pendidikan tidak terlepas dari pengembangan saat proses pembelajaran, media pembelajaran, pengadaan dan pengelolaan sarana dan prasarana, dan sebagainya. Adapun tujuan pendidikan menurut Wina (2008:164) adalah belajar adalah proses perubahan tingkah laku melalui pengalaman. Pengalaman itu sendiri ada yang langsung dan tidak langsung, dimana pengalaman langsung dapat memberi efektivitas ingatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengalaman yang tidak

langsung. Namun pengalaman langsung sangat susah didapatkan didalam proses pembelajaran. Jadi dalam belajar itu sendiri guru harus bisa mengatur kebutuhan siswa serta membimbing aktivitas siswa.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan salah satu dari pendidikan formal yang ada di Negara Indonesia dalam mewujudkan tujuan Nasional. Sekolah Menengah Kejuruan dirancang untuk mempersiapkan siswa atau lulusan siap memasuki dunia kerja dan mampu mengembangkan dibidang profesional dibidang kejuruan. Lulusan di bidang kejuruan diharapkan tidak hanya bekerja didalam sektor industri saja, tetapi juga dapat mengembangkan potensi didalam dirinya untuk bekerja secara mandiri (wirausaha) sehingga dapat menciptakan lapangan kerja baru.

SMKN 1 Padang merupakan salah satu SMK yang bertujuan mempersiapkan peserta didik lulusannya siap menghadapi dunia kerja dan terampil dalam bidangnya. SMKN 1 Padang ada beberapa jurusan, salah satunya adalah jurusan listrik. Jurusan listrik ini memiliki berbagai mata pelajaran, salah satunya Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik (MSPE) dengan *Programmable Logic Controller* (PLC). Mata pelajaran MSPE merupakan mata pelajaran produktif yang harus dikuasai dan dipahami oleh siswa jurusan TITL di SMKN 1 Padang.

Tujuan mata pelajaran MSPE adalah mendidik, melatih, dan menyiapkan untuk bisa memahami dalam bidang PLC, karena itu perlu alat bantu yang bisa membantu membuat siswa lebih paham didalam proses belajar, seperti media trainer untuk bisa meningkat pemahaman siswa yang lebih optimal juga untuk meningkatkan keaktifan dan kreativitasnya dalam melaksanakan pembelajaran sehingga nantinya mempermudah siswa dalam belajar pada mata pelajaran MSPE dengan PLC dan siswa mendapat hasil yang memuaskan pada mata pelajaran ini.

Adapun dapat dirincikan lagi masalah-masalah dari trainer sebelumnya dan rincian trainer yng ingin diperbaiki dari trainer sebelumnya (trainer sekarang). Berikut rujukan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Trainer

No	Trainer Sebelumnya	Trainer Sekarang
1	Peralatan input dan output masih terpisah,.	Peralatan input dan outputnya tersedia dalam satu trainer,
2	Penggunaan untuk mengontrol PLC masih menggunakan *consule*	Penggunaan *software* untuk mengontrol PLC berupa *Cx-Programmer*
3	Dasarnya anak didik kurang mampu menguasai ladder diagram menggunakan consule	Memahami ladder diagram, *computer*.
4	Trainer yang menggunakan *consule* apabila rangkaian dibuat terlalu panjang dan rumit untuk dipahami oleh siswa	Trainer yang digunakan dengan *Cx-Programmer* tidak rumit
5	Tidak mengarahkan siswa pada proses pembelajaran yang kritis.	Rasa ingin tahu siswa akan meningkat dan akan mengarahkan siswa dalam berfikir secara kritis

Mata pelajaran MSPE terdiri dari beberapa KD, disini peneliti akan mengambil dan memfokuskan pada KD 5 yaitu: Mendeskripsikan ladder diagram PLC pada pemograman, pada KD ini merupakan KD yang sangat cocok untuk menyampaikan teori dengan menggunakan trainer, dapat dilihat dari masalah dalam belajar siswa kesulitan dalam memahami ladder diagram. Pada KD ini jika siswa tidak memahami materinya maka akan susah untuk mempelajari mata pelajaran berikutnya. Oleh sebab itu peneliti merasa tertarik untuk mengembangkan trainer agar

mempermudah siswa dalam upaya memahami materi pelajaran dan dapat menarik minat siswa dalam proses pembelajaran.

Selanjutnya dalam penggunaan trainer itu harus melibatkan siswa dalam aktivitas belajar sehingga pembelajaran dapat terjadi tujuannya untuk menumbuhkan daya pikir dan daya tangkap siswa. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan terlihat kegiatan pembelajaran masih berpusat pada guru, banyak siswa yang kurang memperhatikan guru dalam menyampaikan materi. Selain itu media yang digunakan guru kurang optimal sehingga siswa sulit memahami materi yang diajarkan, karena sifatnya rumit untuk siswa dapat memahami materi khususnya materi masalah ladder diagram.

Mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik (MSPE) perlu dioptimalkan proses pembelajarannya, agar siswa memiliki pemahaman konsep yang kuat. Dari faktor tersebut, berdampak rendahnya hasil belajar siswa atau di bawah nilai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM) yang ditetapkan yaitu 80. Hal ini dapat dilihat berdasarkan *persentase* hasil belajar siswa pada mata pelajaran MSPE. Berdasarkan tabel 1. Menunjukkan bahwa *persentase* ketuntasan belajar siswa pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik (MSPE) dikelas XI TITL A dan TITL B, bahwa nilai siswa masih tidak memenuhi KKM atau lebih rendah dibandingkan dengan KKM yang telah di tetapkan oleh sekolah yaitu 80. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi yang dijelaskan tidak maksimal.

Tabel 2. *Persentase* Hasil Belajar Siswa Ujian Tengah Semester Ganjil 2015/2016 pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik di SMKN 1 Padang.

Nilai	XI TITL A		XI TITL B	
	Jumlah	(%)	Jumlah	(%)
≥80	11	44	13	50
<80	14	56	13	50
Jumlah	25	100	26	100

Sumber : Rekap nilai mata pelajaran di SMK Negeri 1 Padang

Mengatasi masalah-masalah yang dialami pada saat proses pembelajaran adalah perlu pengembangan media untuk tercapainya tujuan pembelajaran yang lebih baik. Oemar (Azhar, 2014:19) berpendapat bahwa Penggunaan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat membangkitkan keinginanan dan minat yang baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, dan juga akan sangat membantu keefektifan proses pembelajaran dan menyampaikan pesan dan isi pembelajaran, selain itu dapat media pembelajaran dapat membantu meningkatkan pemahaman, menyajikan data dengan menarik, mempermudah penafsiran data dan memadatkan informasi.

Pentingnya penggunaan media adalah memberi pengalaman yang nyata dapat menumbuhkan kegiatan berusaha sendiri dikalangan siswa. Disamping itu dapat membantu siswa mudah memahami dan mencerna materi atau bahan pembelajaran yang disampaikan. Maka dari itu perlu pengembangan media pembelajaran trainer PLC pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik dikelas XI SMKN 1 Padang, guna untuk menciptakan proses belajar menjadi menarik dan menyenangkan dalam belajar dikelas dan memperolah hasil belajar yang lebih baik.

Menurut Hanafiah (2009:59): "Media pembelajaran merupakan segala bentuk perangsang dan alat yang disediakan guru untuk mendorong siswa belajar secara cepat, tepat, mudah, benar dan tidak terjadinya verbalisme". Media pembelajaran adalah suatu alat bantu bagi peserta didik untuk memperoleh pengalaman belajar secara

signifikan dan dapat mengamati benda-benda pengganti dalam wujud alat peraga.

Berdasarkan pendapat yang telah dijelaskan sebelumnya, disimpulkan bahwa peran media pembelajaran mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap peserta didik. Perkembangan teknologi saat ini cukup pesat dan memberi dampak pada perkembangan media. Pengembangan adalah upaya untuk mengembangakan dalam rangka menghasilkan inovasi yang tepat untuk diterapkan. Daryanto (2010: 10) berpendapat bahwa "Pengembangan media pembelajaran hendaknya diupayakan untuk memanfaakan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh media tersebut dan berusaha menghindari hambatan-hambatan yang mungkin muncul dalam proses pembelajaran". Media pembelajaran itu setiap periode selalu mengalami pengembangan. Sebab media yang ada itu mempunyai kelemahan sesuai dengan perkembangan dan tuntutan zaman, berdasarkan penggunaanya perlu pemanfaatan media diperbaharui Peran guru pada saat melaksanakan proses pembelajaran mampu membuat suasana belajar yang menarik dan bermakna bagi siswanya, salah satu inovasi yang bisa dilakukan pendidik harus berusaha agar materi pembelajaran yang disampaikan dapat diserap dan dimengerti dengan mudah oleh peserta didik. Akan tetapi media yang akan digunakan bisa membuat siswa dapat secara aktif melakukan proses pembelajaran.

Jadi media yang akan dikembangkan dalam penelitian ini yaitu trainer PLC, harapannya agar siswa lebih mudah dalam memahami materi dan mempermudah guru dalam menjelaskan materi, sehingga pembelajaran lebih efektif dan tujuan pembelajaran dapat dicapai. Trainer PLC merupakan sebuah alat pelatihan yang akan digunakan untuk mendukung materi yang disampaikan guru sebagai bahan pembelajaran. Dimana terdapat beberapa komponen yang dirangkai sedemikian rupa sehingga rangkaian tersebut dapat bekerja dengan fungsinya. Pengadaan media trainer PLC ini yaitu untuk mencari kebenaran dari teori yang telah diajarkan oleh guru pada pelajaran. Penelitian pengembangan ini dikatakan berhasil jika produk yang dihasilkan valid, praktis dan efektif.

a. Validitas

Validitas adalah sifat yang bernilai benar menurut bukti nyata yang ada. Suharsimi (2007:65), menyatakan validitas, suatu instrumen dikatakan valid jika instrumen yang digunakan tersebut dapat mengukur apa yang hendak diukur. Pada penelitian pengembangan ini, yang diukur adalah rancangan produk yang akan diuji tingkat kevalidannya. Validasi produk yang akan dilakukan oleh para ahli tenaga yang sudah berpengalaman sehingga produk yang dibuat dapat diterapkan untuk proses pembelajaran. Adapun pada uji validitas media trainer ini menggunakan validitas kostruk. Validitas kostruk adalah validitas yang dilakukan menurut pendapat ahli. Para ahli diminta pendapatnya tentang instrument yang telah disusun dan para ahli telah memberikan pendapat mengenai produk yang telah dikembangkan.

b. Praktikalitas

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, sesuatu yang dikatakan praktis apabila mudah digunakan dan senang memakainya. Menurut Sukardi (2011:52) memberikan pertimbangan praktikalitas dapat dilihat dalam aspek-aspek berikut:

1) Kemudahan dalam penggunaan, meliputi: mudah diatur, disimpan dan dapat digunakan sewaktu-waktu
2) Waktu yang dilakukan dalam pelaksanaan sebaiknya sangat singkat, cepat dan tepat
3) Mudah diinterprestasikan oleh pendidik ahli maupun pendidik lain
4) Memiliki ekivalensi yang sama sehingga bisa digunakan sebagai pengganti atau variasi
5) Memiliki karakteristik biaya yang murah yang bisa dijangkau

Praktikalitas produk yang dikembangkan berdasarkan hasil pengisian angket oleh guru dan siswa setelah dilakukan

uji coba produk. Produk dikatakan praktis apabila telah memenuhi aspek-aspek diatas.

c. Efektivitas

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, sesuatu dikatakan efektif jika memiliki (akibat, pengaruh, kesan) atau dapat membawa hasil. Jadi yang dikatakan efektif apabila mampu mencapai tujuan. Media trainer yang dikembangkan ini dikatakan berhasil, apabila siswa mencapai ketuntasan hasil belajar atau terdapat signifikan dari sebelum menggunakan media dengan setelah penggunaan media dan memperoleh hasil yang lebih baik.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and development*). Penelitian pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini pengembangan media trainer PLC pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik di kelas XI SMKN 1 Padang. Subjek penelitian pengembangan ini adalah trainer *Programmable Logic Controller* dan responden penelitian adalah siswa kelas XI TITL A SMKN 1 Padang tahun ajaran 2015/2016 yang berjumlah 25 orang siswa. Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model pengembangan 4-D (Four D). Menurut Trianto (2012:93-96) Model pengembangan 4-D terdiri dari 4 tahap pengembangan, yaitu *Define, Desaign, Develop* dan *Desseminate*.

A. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data adalah:

1. Angket Validasi Trainer PLC

   Validasi adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat valid suatu produk/ media pembelajaran dimana sebuah media pembelajaran dikatakan valid apabila mampu mengukur apa yang seharusnya diukur. Lembar validitas berisi aspek penilaian yang terdiri dari materi yang dapat mengukur kemampuan siswa, kegiatan mendukung pemahaman konsep, kegiatan yang dikaitkan dengan kehidupan nyata siswa. Validator akan memberi pendapat tentang media yang dikembangkan melalui lembar validasi yaitu oleh ahli media pembelajaran dan ahli media pembelajaran.

2. Angket Kepraktisan Trainer PLC

   Angket kepraktisan yaitu untuk mengetahui tingkat kepraktisan media trainer dari segi penggunaannya baik dari guru maupun siswa. Langkah penyusunan angket ini pada dasarnya sama dengan angket validitas.

3. Tes Objektif

   Tes objektif digunakan sebagai instrumen pengumpulan data hasil belajar siswa pada mata pelajaran MSPE berdasarkan indikator dan Kompetensi Dasar (KD) untuk melihat keefektifan dari media trainer PLC. Tes yang diberikan berupa *posttest.* Dalam soal tes ini pengukuran yang digunakan untuk menganalisis jawaban siswa yang akan digunakan pada *excel* yaitu 2 macam skor, apabila soal dapat dijawab dengan benar maka skornya 1 dan apabila soal dijawab salah maka skornya 0.

   Berdasarkan pemperoleh soal tes yang valid dilakukan terlebih dahulu uji coba soal di kelas XI TITL B SMKN 1 Padang. Sebelum soal tes digunakan maka dilakukan uji coba untuk mengetahui validitas, realibilitas, tingkat kesukaran soal dan daya beda. Untuk pengujian validitas, realibilitas, tingkat kesukaran soal dan daya beda soal dapat di uraikan sebagai berikut:

   a. Validitas Tes

      Menurut Suharsimi (2015:90) "Sebuah item dikatakan valid apabila mempunyai dukungan yang besar terhadap skor total". Untuk menentukan validitas item dalam penelitian ini digunakan rumus yang dikemukakan oleh Suharsimi (2015:93) sebagai berikut:

$$\gamma_{pbi} = \frac{M_p - M_t}{S_t}\sqrt{\frac{p}{q}}$$

Keterangan:

γ_{pbi} = Koefisien korelasi biserial

M_p = Mean skor dari subjek yang menjawab benar

$$\left(M_p = \frac{Jumlah\ skor\ siswa\ yang\ menjawab\ item\ benar}{Jumlah\ siswa\ yang\ menjawab\ item\ benar}\right)$$

M_t = Mean skor total

$$\left(M_t = \frac{Jumlah\ seluruh\ skor\ siswa}{Jumlah\ siswa}\right)$$

S_t = Standar deviasi dari skor total

p = Proporsi siswa yang menjawab benar

$$(p = \frac{\text{banyaknya siswa yang benar}}{\text{jumlah seluruh siswa}})$$

q = Proporsi siswa yang menjawab salah (q=1-p)

selanjutnya harga koefisien perhitungan ini dibandingkan dengan r_{tabel} pada taraf signifikan 5%. Apabila diperoleh $\gamma_{pbi} > r_{tabel}$ maka soal tes dinyatakan valid, sedangkan jika $\gamma_{pbi} < r_{tabel}$ maka soal tes dinyatakan tidak valid.

b. Reliabilitas

Tes Reliabilitas adalah ketetapan suatu tes apabila diteskan kepada subjek yang sama. Untuk menguji reliabilitas test dilakukan dengan menggunakan rumus Kuder Richardson K-R 20. Suharsimi (2015 : 115), yaitu:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1}\right)\left(\frac{S^2 - \sum pq}{S^2}\right)$$

Keterangan:

r_{11} = Reliabilitas tes secara keseluruhan

p = Proporsi subjek yang menjawab item dengan benar

q = Proporsi subjek yang menjawab item dengan salah (q=1-p)

$\sum pq$= Jumlah hasil perkalian antara p dan q

n = Banyak item

S = Standar deviasi dari tes (standar deviasi adalah akar varians)

Setelah dilakukan analisis reliabilitas, didapat nilai reliabilitas soal uji coba *Posttest* sebesar 0.94, dengan klasifikasi reliabilitas sangat tinggi.

c. Tingkat Kesukaran Soal

Menurut Suharsimi (2015:222-223) "soal yang baik adalah soal yang tidak terlalu mudah atau tidak terlalu sukar". Tingkat kesukaran soal merupakan bilangan yang menunjukkan sukar dan mudahnya suatu soal. Bilangan yang menunjukkan sukar dan mudahnya suatu soal disebut indeks kesukaran. Rumus yang digunakan untuk menentukan tingkat kesukaran adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{B}{JS}$$

Keterangan:

P = Tingkat kesukaran

B = Banyaknya siswa yang menjawab soal dengan benar

JS = Jumlah seluruh siswa peserta tes

d. Daya Pembeda

Suharsimi (2015:226-232) menyatakan bahwa "daya pembeda suatu butir soal adalah kemampuan sesuatu soal tersebut untuk membedakan antara siswa yang pandai (berkemampuan tinggi) dengan siswa yang kurang pandai (berkemampuan rendah)". Untuk menghitung daya pembeda digunakan rumus Suharsimi (2015:228) sebagai berikut:

$$D = \frac{B_A}{J_A} - \frac{B_B}{J_B} = P_A - P_B$$

Keterangan:

D = Daya pembeda soal

B_A =Banyaknya peserta kelompok atas yang menjawab soal dengan benar

B_B =Banyaknya peserta kelompok bawah yang menjawab soal dengan benar

J_A =Banyak peserta kelompok atas

J_B =Bayak peserta kelompok bawah

P_A =Proporsi peserta kelompok atas yang menjawab benar

P_B = Proporsi peserta kelompok bawah yang menjawab benar

B. Teknik Analisa Data

1. Analisis Validitas Media Trainer

   Analisis validasi dilakukan dengan teknik perhitungan nilai rata-rata yang didapat dari hasil yang diberikan oleh validator dalam bentuk persen (%). Pada lembar validasi menggunakan skala *likert* yaitu sebagai berikut yaitu menjumlahkan skor tersebut yang diberikan oleh validator dan analisis menggunkan rumus:

$$V=\frac{X}{Y}x100\%$$

   Keterangan:
   V= *Persentase* nilai validitas
   X= Skor yang diperoleh
   Y= Skor Maksimum

2. Analisis Kepraktisan

   Mencari nilai kepraktisan dengan cara:

$$P=\frac{X}{Y}x100\%$$

   Keterangan:
   P = Persentase nilai praktikalitas
   X= Skor yang diperoleh
   Y= Skor Maksimum

   Berdasarkan nilai kepraktisan yang didapat, kemudian dikategorikan dengan tingkat kepraktisan seperti pada tabel berikut:

3. Analisis Efektifitas Media Trainer

   Efektifitas media trainer yang telah dikembangkan dilihat dari penguasaan materi yang telah diajarkan menggunakan media trainer yang dikembangkan dengan melihat nilai KKM yaitu 80.

.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan yang tujuan menghasilkan produk berupa media pembelajaran yaitu trainer PLC yang digunakan pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Eletronik (MSPE). Pengembangan media pembelajran trainer ini dilakukan dengan model penelitian pengembangan 4 D (*four-D model*). Model ini meliputi: a) Tahap Pendefinisian (*Define*) yaitu menetapkan SK/KD pembelajaran, menetapkan konsep dan analisis peserta didik, b) Tahap Perancangan (*Desaign*) berupa pembuatan sketsa produk, pengumpulan objek media dan pembuatan desaign, c) Tahap Pengembangan (*Develop*) berupa uji validitas, praktikalitas dan efektivitas terhadap media pembelajaran trainer PLC, dan Tahap Penyebaran (*Desseminate*) berupa hasil akhir yang akan diuji coba pemakaian.

Media pembelajaran trainer PLC ini telah melalui tahap uji coba, validitas, praktikalitas dan efektivitas. Pada uji coba validitas, dilakukan dengan cara meminta pendapat dari pakar media melalui angket validasi. Berdasarkan validitas yang telah dilakukan didapat hasil media pembelajaran trainer PLC yaitu valid digunakan sebagai salah satu media pembelajaran. Uji coba praktikalitas dilakukan dengan cara melalui angket praktikalitas respon guru dan respon siswa. Dari hasil praktikalitas yang didapat media pembelajaran trainer PLC mendapat nilai rata-rata praktis dan media pembelajaran trainer PLC praktis digunakan sebagai salah satu media pembelajaran. Uji coba efektivitas dengan cara melihat perbandingan hasil belajar sebelum menggunakan media pembelajaran trainer PLC dan sesudah menggunakan media pembelajaran trainer PLC. Hasil uji coba efektivitas yang dilakukan maka hasil belajar siswa meningkat. Pembahasan lebih lengkap adalah sebagai berikut:

1. **Tahap Pendefinisian (*Define)***

   Tujuan tahap ini adalah menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran dan kondisi dilapangan guna pembuatan media trainer PLC.

   a. Menetapkan SK dan KD

      Tahap pendefinisian dilakukan dengan cara menetapkan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar

   b. Menetapkan Konsep

Konsep utama yang harus dipahami siswa pada KD 5: mendeskripsikan ladder diagram pada pemograman PLC adalah materi membahas tentang instruksi ladder diagram, tata cara penomoran ladder diagram, rangkaian timer dan prinsip kerja dalam rangkaian.

c. Analisis siswa

Analisis siswa adalah menyelidiki terhadap karakteristik siswa dan lingkungan siswa. Siswa kelas XI TITL rata-rata berusia 16-17 tahun dimana siswa pemikarannya sudah berfikir secara logis. Dari materi yang akan dirancang adalah mengenai ladder diagram, dimana siswa dapat berfikir kritis dan menumbuhkan minat belajar. Analisis ini menjadi pertimbangan dalam pembuatan media trainer PLC pada mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik.

2. Tahap Perancangan (*Desain*)

Pada tahap perancangan terdapat beberapa tahapan diantaranya pembuatan sketsa produk, pengumpulan objek media dan pembuatan desain media. Perancangan trainer ini dibuat bertujuan untuk digunakan dalam pembelajaran. Adapun tahap perancangan sebagai berikut:

a. Pembuatan Sketsa Produk

Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah

1) Langkah awal adalah memilih jenis PLC Omron dengan 20 I/O
2) Menentukan ukuran trainer PLC, dimana ukuran yang telah ditetapkan pada trainer yang sudah dibuat ini adalah panjang 40 cm dan lebar 52 cm.
3) Menyusun tata letak komponen-komponen supaya kelihatan rapi.
4) Mempersiapkan kedudukan dari kerangka dari akrilit yang sudah disusun komponen-komponennya.
5) Pembuatan trainer menyesuaikan dengan materi yang akan diajarkan, yaitu khusus nya pada KD 5 mendeskripsikan ladder diagram pada pemograman PLC.

b. Pengumpulan Objek Rancangan

Pada tahap ini dikumpulkan beberapa objek yang akan diperlukan dalam pengembangan trainer PLC, yang dapat ditentukan dari sketsa produk yang dibuat. Adapun objek-objek yang diperlukan dalam pengembanagan trainer ini adalah: Materi yang akan dipelajari dengan menggunakan trainer ini berhubungan dengan ladder diagram, yaitu rangkaian saling kunci, berurutan dan timer yang akan dipelajari sekalian dengan prinsip-prinsip kerjanya dan tata cara menentukan/mengetahui tata cara penomoran pada pemograman yang akan diprogram ke PLC.

c. Pembuatan Desain Media

Pada tahap pembuatan ini yang dilakukan adalah menyablon desain yang sudah dibuat, mengebor, memasang komponen-komponen, mengelem untuk memperkuat komponen-komponen yang telah dipasang, mensolder dan memasang kedudukan.

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap pengembangan ini dilakukan berupa uji validitas, praktikalitas dan efektivitas terhadap media pembelajaran trainer PLC setelah media trainer dibuat.

a. Uji Validitas

Validasi media diperoleh dari penilaian oleh tim validator terhadap pengembangan trainer PLC yang dianalisis berdasarkan lembar angket validasi yang telah di isi oleh validator. Validator terdiri dari 3 orang yaitu 2 orang dari pihak dosen dan 1 orang dari pihak guru.

Tabel 3.Daftar Validator

Nama	Jabatan	Sebagai
Dr.Ridwan, M,Sc.Ed	Dosen Teknik Elektro	Validasi media

	Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang	
Habibullah, S.Pd,M.T	Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang	Validasi ahli materi
Asril, S.Pd	Guru SMK N 1 Padang	Validasi ahli materi

Berdasarkan analisis validitas yang telah diisi oleh masing-masing validator, kesimpulan yang didapat bahwa media trainer PLC yang dikembangkan dapat dapat dikategorikan valid. Validator 1 memberi nilai validasi sebesar 96,47% di kategorikan sangat valid, Validator 1 memberi beberapa saran yaitu:

1. Lengkapi petunjuk pemakaian untuk siswa dan guru pada materi yang akan dicobakan
2. Sinkronkan, program *Cx-Programmer* dengan kinerja PLC

Validator 2 memberi nilai validasi sebesar 85,88 % dengan kategori sangat valid. Sedangkan validator 3 memberi nilai validasi sebesar 85,88 % dengan kategori sangat valid. Validator 2 dan 3 tanpa memberi komentar dan saran.

b. Uji Praktikalitas

Praktikalitas trainer PLC diperoleh dari guru mata pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektronik dan subjek penelitian untuk melihat praktikalitas yaitu siswa kelas XI TITL A SMK N 1 Padang sebanyak 25 siswa. Praktikalitas ini dilihat dari angket yang diisi langsung oleh guru dan siswa. Adapun hasil praktikalitas yang didapat dari guru adalah 89,6 % dengan kategori sangat praktis sedangkan hasil analisis yang didapat pada siswa dengan rata-rata adalah 85,88% dengan kategori sanagat praktis.

c. Uji Efektifitas

Uji efektifitas ini dilihat berdasarkan ketuntasan belajar siswa setelah menggunakan trainer PLC dengan menganalisis hasil *posttest* yang dilakukan siswa yang berjumlah 25 siswa kelas XI TITL A. Produk dikatakan efektif jika jumlah siswa yang memenuhi nilai KKM adalah 80, jadi media trainer PLC ini dikatakan efektif apabila kelulusan siswa ≥ 85 %. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka jumlah siswa yang lulus adalah 22 siswa dan yang tidak lulus adalah 3 siswa. Hasil nilai siswa rata-rata dari *posttest* adalah 88 % dengan kategori sangat efektif.

4. Tahap Penyebaran

Trainer yang telah dikembangkan merupakan media pembelajaran yang telah diuji valid, praktis dan efektif. Penyebaran dilakukan dengan menyebarkan informasi menggunakan trainer PLC. Disini peneliti hanya menyebarkan secara sempit yaitu dikelas XI TITL A dan XI TITL B di SMKN 1 Padang karena keterbatasan waktu dan biaya. Hasil penyebaran yang didapat 53,85% menyatakan sangat setuju dan 46,15% menyatakan setuju.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *pertama* pengembangan trainer *Programmable Logic Controller* ini telah dilakukan beberapa tahap yaitu: tahap pendefinisian,tahap perancangan, tahap pengembangan dan tahap penyebaran. Berdasarkan tahap–tahap tersebut telah dilakukan uji valid, praktis da efektif. Jadi pengembangan trainer *Programmable Logic Controller* yang digunakan sebagai media pembelajaran dalam penyampaian materi dinyatakan berhasil setelah melalui tahap-

tahap pengembangan yang dianalisis berdasarkan uji validitas, praktikalitas dan efektifitas.

Kedua Hasil validasi oleh 3 validator, disimpulkan bahwa pengembangan media trainer PLC dari validator 1 memperoleh 96,47% dikategori sangat valid, validator 2 memperoleh 85,88% dikategori sangat valid dan validator 3 memperoleh 85,88% dikategori sangat valid. Dari ketiga validator telah dianalisis rata-ratanya adalah 89,41% dikategori sangat valid.

Ketiga Hasil pengujian praktikalitas trainer PLC dari guru memperoleh 89,6% dikategori sangat praktis dan dari siswa memperoleh rata-rata 85,88% dikategori sangat praktis. Hasil pengujian efektifitas diperoleh dari hasil *posttest* didapat kesimpulan bahwa media yang dikembangkan tergolong efektif. Hal ini dilihat dari perolehan nilai siswa banyak diatas KKM yaitu 80 dan berdasarkan hasil analisis nilai *posttest* memperoleh *persentase* yang lewat KKM adalah sebesar 88% dikategori sangat efektif.

DAFTAR RUJUKAN

Azhar Arsyad. 2014. *Media Pembelajaran.* Jakarta: Rajawali Pers.

Daryanto. 2010. *Media Pembelajaran: Perannnya sangat penting dalam mencapai tujuan pembelajaran.* Yogyakarta: Penerbit Gava media.

Sukardi. 2011. *Evaluasi Pendidikan: Prinsip & Operasionalnya*. Jakarta: Bumi Aksara.

Suharsimi Arikunto. 2015. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Suharsimi Arikunto. 2007. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Wina Sanjaya. 2008. *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Kencana.

ANTENA MIKROSTRIP DENGAN TEKNIK CATUAN *PROXIMITY COUPLED* UNTUK CP-SAR MENGGUNAKAN METODE DGS

Sherly Rahma Alfitri[1], Heroe Wijanto[2], dan Agus Dwi Prasetyo[3]
[1]Mahasiswa, Universitas Telkom
E-mail: sherlyrahma97@gmail.com
[2]Dosen, Universitas Telkom
E-mail: heroe@telkomuniversity.ac.id
[3] Dosen, Universitas Telkom
E-mail: adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pengindraan jarak (*remote sensing*) semakin marak, karena teknologi tersebut dapat memberikan manfaat yang banyak, misalnya penggunaan kamera pada satelit. Namun hal ini masih memiliki keterbatasan dalam menangkap citra, masalah tersebut dapat diatasi dengan *Circulary Polarization Synthetic Aperture Radar* (CP-SAR). Pada CP-SAR antena berkarakteristik polarisasi sirkular pada frekuensi 1,27 GHz dapat berperan sebagai pengganti kamera. Pada penelitian ini didapatkan hasil antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 1,27 GHz, return loss = -35,78dB, VSWR=1,03, *axial ratio*=1,944dB, *bandwidth*=61,14-244,16 MHz, Gain=1,744 dB, dengan menggunakan teknik catuan *proximity coupled* dan teknik *defected ground structure* (DGS) sebagai penghasil polarisasi sirkular.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip, CP-SAR, *Proximity Coupled, Defected Ground Structure*

ABSTRACT

The development of remote sensing technology was increasing, because this technology can provide many benefits, such as using cameras on satellites. It still has limitations to take an image, but it can be solved by Synthetic Radar Aperture Radar Polarization (CP-SAR). The CP-SAR antenna with circular polarization at 1.27 GHz frequency can act as a camera. The result of this research, we got microstrip antenna that working at 1.27 GHz frequency, return loss=-35.78 dB, VSWR=1.03, axial ratio=1.944 dB, bandwidth=61.14-244.16 MHz, gain=1.744 dB by using Proximity Coupled and Defected Ground Structure (DGS) to produce circular polarization.

Keywords: *Microstrip Antenna, CP-SAR, Proximity Coupled, Defected Ground Structure*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi jarak jauh (*remote sensing*) semakin marak, karena teknologi tersebut dapat memberikan manfaat yang luas, misal dalam bidang pengelolaan sumber daya alam diantaraya pemetaan lahan kosong atau hutan, perubahan garis pantai, adapun dalam bidang ketahanan nasional diantaranya pemantauan daerah pasca bencana, pemantauan daerah perbatasan hingga pengintaian musuh dalam bidang militer.

Pengindraan jarak jauh pada umumnya diaplikasikan pada suatu *platform* yakni satelit, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau *drone*. *Platform* yang saat ini banyak diminati yaitu satelit dengan sensor pengindraan jarak jauh yang digunakankan yakni menggunakan kamera *spectral* maupun *push-broom* untuk menangkap citra bumi secara berkala. Namun dengan menggunakan sensor berupa kamera masih memiliki kekurangan, diantaranya tidak dapat menangkap citra daerah yang tertutup oleh awan dan kondisi malam hari. Kekurangan tesebut dapat diatasi dengan teknologi CP-

SAR (*Circulary Polarized Synthetic Aperture Radar*).

CP-SAR merupakan suatu perkembangan teknologi dari SAR, dimana cara kerja SAR memanfaatkan prinsip dasar RADAR (*Radio Detection and Ranging*) untuk menangkap citra, dengan memanfaatkan *echo* yang diterima oleh antena. Perbedaan antara teknologi SAR dan CP-SAR terletak dari karakteristik polarisasi antena yang digunakan. Teknologi CP-SAR bekerja dalam mode *transmitte* dan *receive* dengan menggunakan antena berpolarisasi sirkular yakni RHCP (*Right Handed Circularly Polarized*) dan LHCP (*Left Handed Circularly Polarized*) sebagai sensornya, hal ini dapat mengurangi efek rotasi Faraday yang terjadi di atmosfer yang dialami oleh SAR dengan karekteristik antena *linear polarized*. (Rignot, 2000)

Penelitian CP-SAR *onboard* UAV pun telah dilakukan sebagai *ground testing* dari CP-SAR *onboard Microsatellite* (μ-SAT) (Sumantyo, 2010). Selaras dengan penelitian yang sedang dilakukan, maka dari itu penelitian ini berfokus pada perancangan dan simulasi *single patch* antena mikrostrip berpolarisasi sirkular dengan menggunakan teknik DGS (*Defected Ground Stucture*) sebagai *prototype* sensor CP-SAR *onboard* UAV pada sisi *transmitte* yang memiliki spesifikasi frekuensi referensi yang digunakan SAR yakni 1,27 GHz, karena pada frekuensi tersebut memiliki panjang gelombang yang cocok untuk menembus *forest canopy* sehingga karekteristik hutan pun dapat diketahui (Rizki, 2000).

METODE

Spesifikasi CP-SAR *onboard* UAV

Adapun spesifikasi CP-SAR *onboard* UAV sebagai berikut (Sumantyo,2000):

Table 1. Spesifikasi CP-SAR *onboard* UAV

Parameter	CP-SAR *Onboard* UAV
Ketinggian *platform*	1-4km
Frekuensi	1,27 ghz
Polarisasi	Tx: RHCP/LHCP Rx:RHCP+LHCP
Spatial Resolution	1 m
Swath width	1km
Axial ratio	≤ 3 db
Gain antena	14,32 dbic
Bandwidth antena	61,14-244,16mhz
Impedansi Sistem	50 ohm

Dari data terebut, maka ditentukan spesifikasi dari antena yang akan dirancang sebagai *prototype* dari sensor CP-SAR *onboard* UAV pada sisi *transmitte*, yakni:

Frekuensi kerja : 1,27 GHz
Bandwidth : 61,14-244,16 MHz
Polarisasi : RHCP/LHCP (*axial ratio* ≤3dB)
Returnloss : ≤ 10 dB
VSWR : ≤ 2
Pola radiasi : *Unidirectional*

Langkah Perancangan

Menentukan Desain Microstrip

Berikut spesifikasi jenis antena *mikrostrip* yang akan didesain:

Frekuensi kerja : 1,27 GHz
Jenis *patch* : Sirkular
Teknik catuan : *Proximity-Coupled*
Substrat dielektrik : FR-4 Epoxy(εr=4,6 ;h.substrat=1,6mm)
Teknik polarisasi sirkular : DGS

Patch yang dipilih yakni berbentuk sirkular, karena mudah dalam melakukan desain maupun saat melakukan optimasi. Teknik catuan *proximity coupled* dipilih dalam penilitian ini karena dengan teknik ini antena yang didesain akan memiliki bandwidth yang lebih lebar (Balanis, 2005). FR-4 *Epoxy* (εr=4,6) dipilih sebagai bahan substrat dielektrik karena antena yang akan didesain memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan substrat dielektrik yang memiliki εr lebih kecil.

Teknik DGS merupakan teknik pemberian *slot* dengan pola tertentu. Pemberian *slot* pada *groundplane* akan merubah karakteristik dari *transmission line*,

sehingga dapat merubah distribusi arus dan mengakibatkan adanya perubahan pola gelombang yang dipancarkan (Khandelwal,2017). Dengan pola yang saling simetris secara diagonal atau posisi *slot* pada sudut kelipatan 45˚ dapat membentuk polarisasi sirkular. Teknik DGS digunakan dalam penelitian ini karena dapat meningkat *gain*, memperkecil dimensi *patch*.

Menetukan Dimensi Antena Mikrostrip

a. Menetukan Ukuran *Patch*

Patch yang akan dirancang berbentuk sirkular. Oleh karena itu, langkah selanjutnya yakni menentukan radius efektif dari antena yang dirancang dengan rumus sebagai berikut: (Balanis, 2005)

$$F = \frac{8{,}791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{.....(2.1a)}$$

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \varepsilon_r F}\left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1{,}7726\right]\right\}^{0{,}5}} \quad \text{.....(2.1b)}$$

$$a_e = a\left\{1 + \frac{2h}{\pi a \varepsilon_r}\left[\ln\left(\frac{\pi a}{2h}\right) + 1{,}7726\right]\right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{(2.1c)}$$

Dengan menyubtitusi nilai εr=4,6, fr=1,27 GHz, h=3,2 mm (2x h *substrat*), maka didapatkan a_e =32,55 mm

b. Menentukan Ukuran *Groundplane* dan *Substrat Dielektrik*

Sebelum merancang substrat dielektrik maka harus menghitung panjang *groundplane* (L_g) dan lebar *groundplane* (W_g) dari antena yang akan dirancang dengan rumus: (Karmakar, 2010)

$$L_g \geq 6h + 2R \quad \text{.....(2.2)}$$

$$W_g \geq 6h + 2R \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana nilai h substrat=1,6 mm dan R merupakan radius efektif dari *patch* (a_e)= 32,55 mm, maka didapatkan $L_g \geq 74{,}7$ mm dan $W_g \geq 74{,}7$ mm. Dan pada perancangan ini di ambil nilai minimum yakni L_g=74,7mm dan W_g=74,7mm.

Karena *groundplane* dan substrat dielektrik yang akan dirancang memiliki ukuran yang sama maka untuk panjang substrat dielektrik (L_s) dan lebar substrat dielektrik (W_s) yakni:

$$L_s = L_g \quad \text{.....(2.4)}$$

$$W_s = W_g \quad \text{.....(2.5)}$$

Maka nilai dari $L_s \geq 74{,}7$ mm dan $W_s \geq 74{,}7$ mm, pada perancangan ini di ambil nilai minimum yakni L_g=74,7mm dan W_g=74,7mm.

c. Menentukan Dimensi *Feed* / Catuan

Sebelum mendesain dimensi *feed* maka langkah yang dilakukan yakni menghitung lebar *feed*, dengan rumus (Balanis, 2005):

$$A = \frac{Z_0}{60}\left[\frac{\varepsilon_r + 1}{2}\right]^{0{,}5} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1}\left[0{,}23 + \frac{0.11}{\varepsilon_r}\right] \quad \text{.....(2.6a)}$$

Jika nilai A>1,52, maka

$$w_f = \frac{8he^A}{e^{2A} - 2} \quad \text{.....(2.6b)}$$

Jika nilai A<1,52, maka

$$w_f = \frac{2h}{\pi}\left\{B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r}\left[\ln(B - 1) + 0{,}39 - \frac{0{,}61}{\varepsilon_r}\right]\right\} \quad \text{.....(2.6c)}$$

dimana,

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{.....(2.6d)}$$

Nilai Zo= 50 ohm, didapatkan nilai A>1,52, dan nilai h=1,6 mm sehingga lebar *feed* (w_f) = 2,96 mm. Dan panjang *feed* pada teknik *proximity coupled* disesuaikan sedemikian rupa dengan posisi *patch*, agar *feed* dapat meradiasi gelombang ke permukaan *patch*, sehingga dapat diasumsikan panjang *feed* (l_f) dengan rumus:

$$L_f = 0.5x\ L_s \quad \text{.....(2.7)}$$

Dengan mensubtitusi nilai L_s=74,7 mm, akan didapatkan nilai L_f = 37,35 mm.

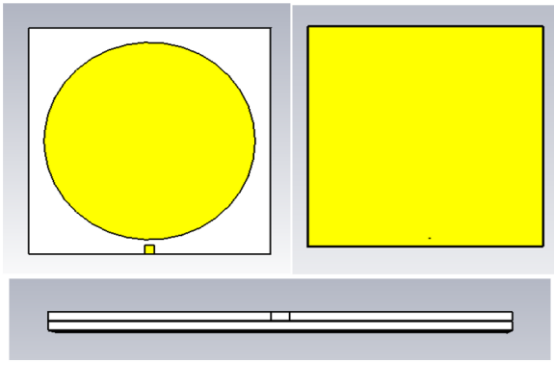
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Awal Antena Mikrostrip Tanpa DGS

Setelah menentukan dimensi awal perancangan maka didapatkan data sebagai berikut:

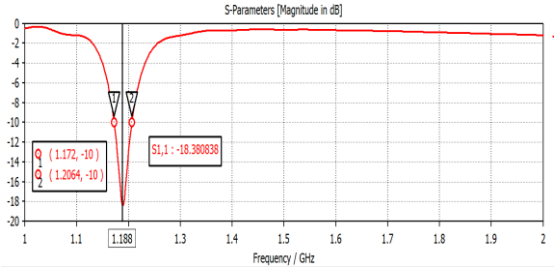
Table 2. Dimensi Awal Antena Mikrostrip

Bagian Microstrip	Dimensi
Radius *patch* ($\mathbf{a_e}$)	32,55mm
Panjang *groundplane* ($\mathbf{L_g}$) dan substrat dielektrik ($\mathbf{L_s}$)	74,7mm
Lebar *groundplane* ($\mathbf{W_g}$) dan substrat dielektrik($\mathbf{W_s}$)	74,7mm
Lebar *feed* ($\mathbf{W_f}$)	2,96 mm
Panjang *feed* ($\mathbf{L_f}$)	37,35mm

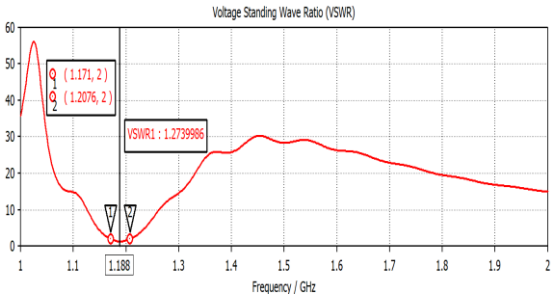


Gambar 1. Dimensi awal antena (tampak depan, belakang, dan samping)

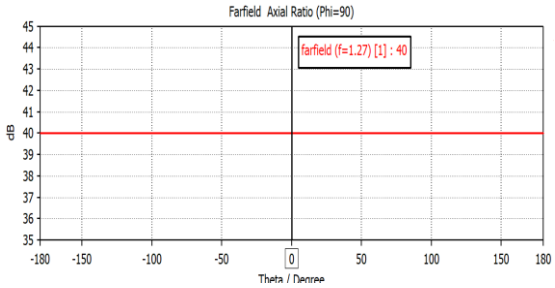
Parameter tersebut ditindaklanjuti dengan melakukan simulasi pada suatu *software* khusus, dimana *software* tersebut merupakan solusi komputasi yang efisien dalam bidang desain suatu perangkat elektromagnetik dan dapat menghasilkan suatu analisa. Berikut hasil simulasi yang didapatkan:



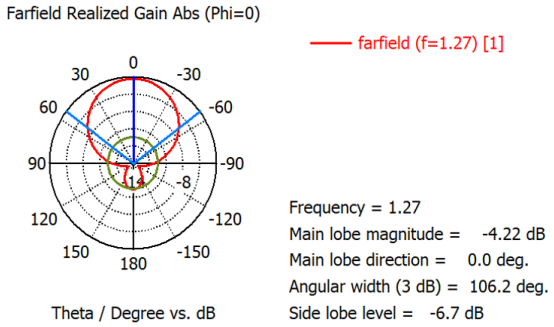
Gambar 2. *Return loss* dimensi awal



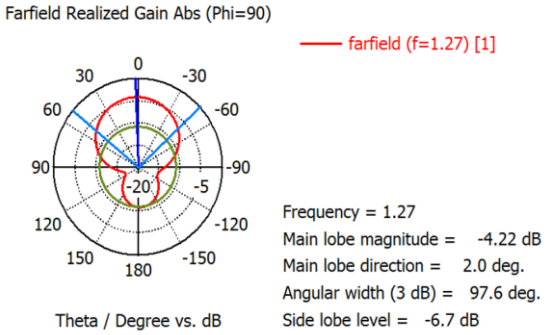
Gambar 3. VSWR dimensi awal



Gambar 4. *Axial ratio* dimensi awal



Gambar 5. Pola radiasi, *gain* dan HPBW azimut dimensi awal



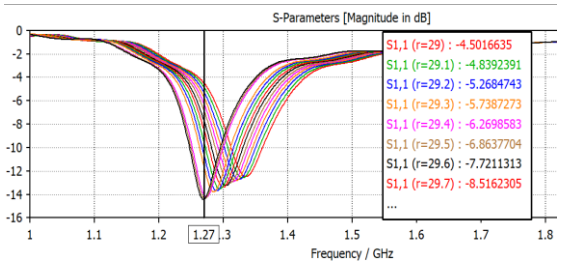
Gambar 6. Pola radiasi, *gain*, HPBW elevasi dimensi awal

Hasil simulasi dimensi awal tanpa teknik DGS yang didapatkan yakni frekuensi kerja=1,188 GHz, *return loss* = -13,38 dB, VSWR = 1,274 , *bandwidth* impedansi = 34,4 MHz, pola radiasi *unidirectional*, polarisasi linear (*axial ratio*= 40dB), bahkan *gain* yang dihasilkan pada frekuensi 1,27 GHz yakni sebesar -4,2 dB. Hasil yang didapatkan masih sangat jauh dari target, karena frekuensi kerja yang dihasilkan belum sesuai, sehingga perlu dilakukan optimasi.

Optimasi Antena Mikrostrip Tanpa DGS

Optimasi yang harus dilakukan untuk mengoptimalkan frekuensi kerja antena di

1,27 GHz dengan cara merubah dimensi *patch*.



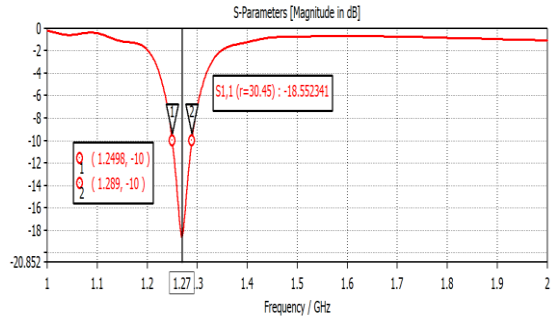
Gambar 7. Pengaruh perubahan *patch* dengan pergesaran frekuensi

Berikut perubahan dimensi antena yang didapatkan setelah melakukan optimasi mengenai pergeseran frekuensi kerja:

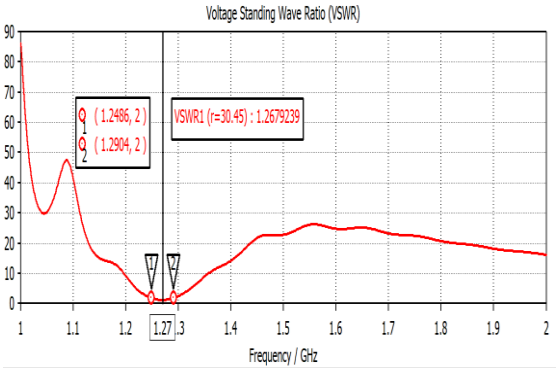
Table 3. Dimensi antena mikrostrip optimasi tanpa DGS

Bagian mikrostrip	Dimensi awal (mm)	Dimensi optimasi (mm)
Radius *patch* (a_e)	32,55	30,45
Panjang *groundplane* ($\mathbf{L_g}$) dan substrat dielektrik ($\mathbf{L_s}$)	74,7	74,7
Lebar *groundplane* ($\mathbf{W_g}$) dan substrat dielektrik($\mathbf{W_s}$)	74,7	74,7
Lebar *feed* ($\mathbf{W_f}$)	2,96	2,96
Panjang *feed* segmen ($\mathbf{L_f}$)	37,35	37,35

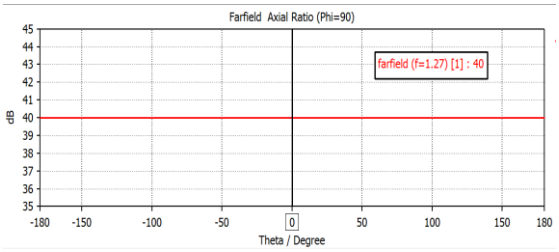
Setelah melakukan optimasi dengan cara merubah dimensi *patch*, berikut hasil yang didapatkan dari simulasi dengan ukuran dimensi antena pada Tabel 4.



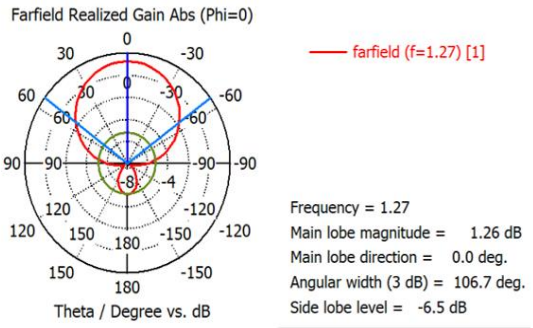
Gambar 8. *Return loss* hasil optimasi tanpa DGS



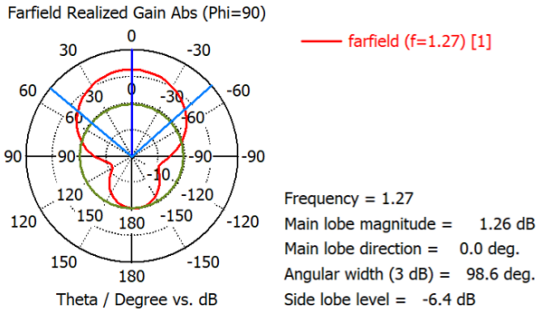
Gambar 9. VSWR hasil optimasi tanpa DGS



Gambar 10. *Axial ratio* dimensi optimasi tanpa DGS



Gambar 11. Pola radiasi, *gain* dan HPBW azimut dimensi optimasi tanpa DGS



Gambar 12. Pola radiasi, *gain* dan HPBW elevasi dimensi optimasi tanpa DGS

Berikut tabel perbedaan hasil parameter antena yang disimulasikan:

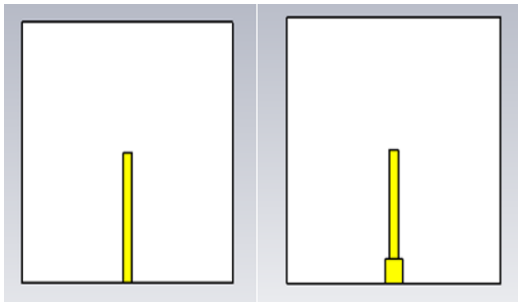
Table 4. Hasil Optimasi Antena Mikrostrip tanpa DGS

Parameter	Hasil Awal	Hasil Optimasi tanpa DGS
Frekuensi kerja	1,188 GHz	1,27 GHz
Return loss	-13,38 dB	-18,55dB
VSWR	1,274	1,268
Bandwidth Impedansi	34,4 MHz	39,2 MHz
Pola radiasi	Uni-directional	Uni-directional
Axial ratio	40	40
Polarisasi	Linier	Linier
Gain	-4,2 dB	1,26 dB

Namun polarisasi yang dihasilkan masih linier, hal ini disebabkan antena yang dirancang belum mengaplikasikan salah satu teknik untuk menghasilkan polarisasi sirkular. Dan *bandwidth* impedansi yang dihasilkan belum mencapai target. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi dengan salah satu teknik yang dapat menghasilkan teknik sirkular, pada penelitian ini akan menggunakan teknik DGS (*Defected Ground Structure*).

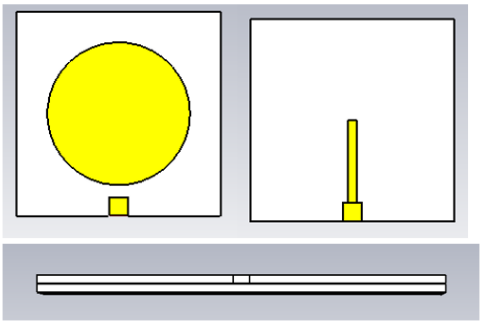
Optimasi Antena Mikrostrip dengan Metode DGS

Setelah melakukan optimasi yakni menggeser frekuensi kerja agar sesuai dengan yang diinginkan, langkah selanjutnya yakni dengan melakukan perubahan dimensi *feed*. Hal ini bertujuan untuk memperkecil nilai VSWR mendekati 1, agar gelombang yang terpantul lebih sedikit atau mendekati 0. Dimana desain *feed* menjadi seperti gambar berikut:

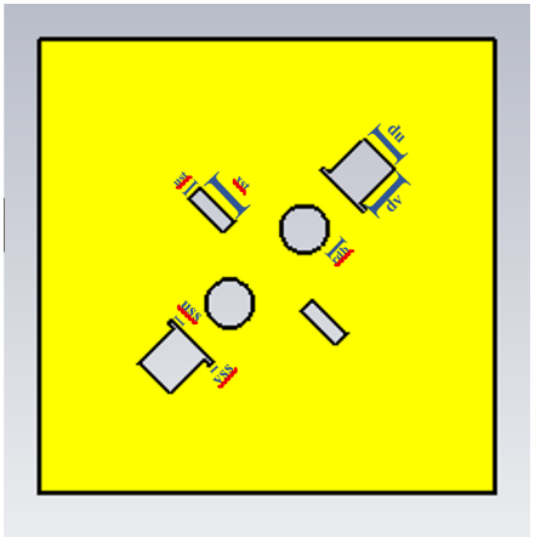


Gambar 13. Perubahan desain *feed* awal dan optimasi

Perubahan dimensi susbtrat dan *groudplane* dilakukan guna memperlebar *bandwidth*. Selain melakukan perubahan dimensi *feed*, substrat dan *groundplane*, antena yang dirancang akan mengaplikasikan metode DGS. Berikut desain antena mikrostrip dengan menggunakan metode DGS.



Gambar 14. Dimensi *Patch, Feed,* dan tampak samping



Gambar 15. Dimensi *groundplane* dengan pola DGS yag diterapkan

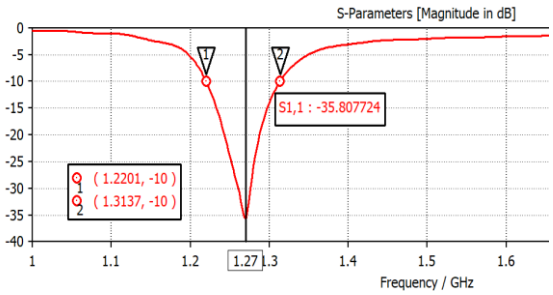
Berikut perubahan dimensi antena mikrostrip setelah menggunakan teknik DGS:

Tabel 6 Dimensi antena microstrip optimasi dengan menggunakan metode DGS

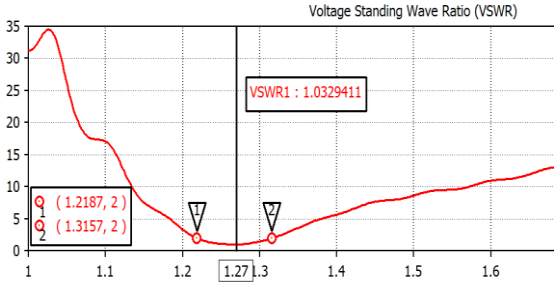
Bagian microstrip	Dimensi optimasi awal (mm)	Dimensi optimasi dengan dgs (mm)
Radius patch ($\mathbf{a_e}$)	30,45	29,7
Panjang *groundplane* ($\mathbf{l_g}$) dan substrat	74,7	85

dielektrik (l_s)		
Lebar groundplane (w_g) dan substrat dielektrik(w_s)	74,7	85
Lebar feed segmen1 (w_f')	2,96	8
Lebar feed segmen 2 (w_f)	2,96	3,5
Panjang feed segmen 1 (l_f')	-	7,8
Panjang feed segmen 2 (l_f)	-	34,7
Panjang feed total ($l_{f\ total}$)	37,75	42,5
Panjang slot1 (xst)	-	9
Lebar slot2 (ust)	-	3
Panjang slot2 (du)	-	8
Lebar slot2 (dv)	-	9
Panjang slot3(uss)	-	1
Lebar slot3(vss)	-	1,5
Radius slot4 (rdb)	-	4,57

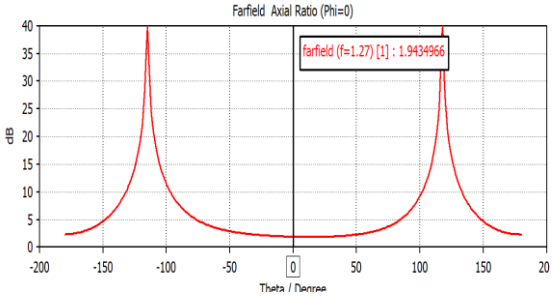
Hasil simulasi dimensi optimasi dengan teknik DGS untuk mendapatkan polarisasi sirkular yang didapatkan yakni frekuensi kerja=1,27 GHz, *return loss* = -35,807 dB, VSWR = 1,033 , *bandwidth* impedansi= 9,6 MHz, pola radiasi *unidirectional*, polarisasi sirkular (*axial ratio*= 1,94 dB), bahkan *gain* yang dihasilkan pada frekuensi 1,27 GHz yakni sebesar 1,744 dB.



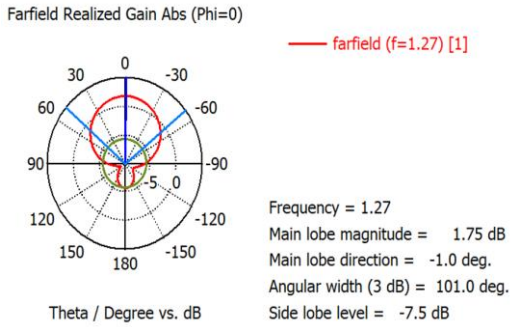
Gambar 16. *Return loss* antena dengan DGS



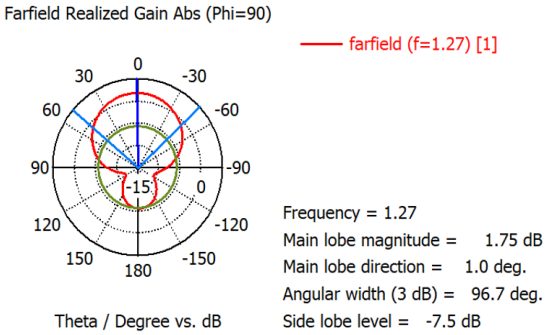
Gambar 17. VSWR antena dengan DGS



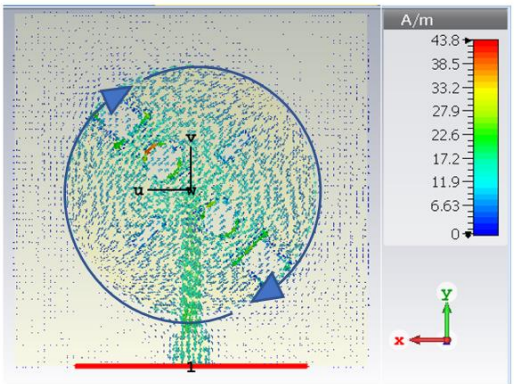
Gambar 18. *Axial ratio* antena dengan DGS



Gambar 19. Pola radiasi, *gain* dan HPBW azimut antena dengan DGS



Gambar 20. Pola radiasi, *Gain* dan HPBW elevasi antena dengan DGS



Gambar 21. Polarisasi sirkular dengan karakteristik RHCP

Berikut perubahan nilai parameter setelah mengaplikasikan metode DGS :

Tabel 7 Perubahan parameter sebelum dan stelah menggunakan teknik DGS

Para-meter	Hasil Desain Awal	Hasil Optimasi tanpa DGS	Hasil Optimasi dengan DGS
Frekuensi kerja	1,188 GHz	1,27 GHz	1,27 GHz
Return loss	-13,38 dB	-18,55 dB	-35,8 dB
VSWR	1,274	1,268	1,032
Bandwidth Impedance	34,4 MHz	39,2 MHz	93,6 MHz
Pola radiasi	Uni-directional	Uni-directional	Uni-directional
Axial ratio	40	40	1,94
Polarisasi	Linier	Linier	Sirkular
Gain	-4,2 dB	1,26 dB	1,744dB
Dimensi *Patch*	32,55	30,45	29,7

SIMPULAN

Hasil simulasi dengan menggunakan metode DGS, yakni nilai *axial ratio* = 1,97 yang berarti berpolarisasi sirkular dengan karakteristik RHCP. *Gain* yang dihasilkan 1,744 dB, lebih besar dibandingkan tanpa DGS. Dimensi *patch* yang dihasilkan menjadi 29,7 mm, lebih kecil dibandingkan tanpa DGS. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode DGS dapat meningkatkan gain, memperkecil dimensi *patch*, dan juga menghasilkan polarisasi sirkular (*axial ratio* ≤ 3dB).

Modifikasi dari dimensi *feed* dapat memperkecil nilai *return loss* dan VSWR, yang berarti dapat meminimalkan gelombang yang terpantul kembali didaerah catuan. Selain itu dengan memperbesar ukuran substrat dan *groundplane* dapat memperlebar *bandwidth*, sehingga *bandwidth* telah mencapai target.

Maka dari itu, hasil simulasi yang didapatkan telah mencapai target yang diinginkan, yakni *single patch* antena mikrostrip berpolarisasi sirkular dengan menggunakan teknik DGS (*Defected Ground Stucture*) sebagai *prototype* sensor CP-SAR *onboard* UAV pada sisi *transmitte*. Namun untuk meningkatkan *gain* guna memenuhi karakteristik CP-SAR *onboard* UAV yakni 14,32 dBic, maka perlu dilakukan *array* beberapa elemen antena (*patch*) dari *single patch* yang telah dirancang dan disimulasikan pada penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory Analisis and Desain 3rd edition*. United Stated: Wiliey InterScience.

Karmakar, Nemai Chandra. (2010). Handbook of Smart Antena for RFID System. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.

Khandewal, Mukesh Kumar., Binod Kumar Kanaujia, and Sachin Kumar (2017). *Defected Ground Structure: Fundamentals, Analysis, and Applications in Modern Wireless Trends.* Hindawi International Journal of Antennas and Propagation.

Rignot, E.J.M., 2000, *Effect of Faraday rotation on L-band interferometric and polarimetric synthetic-aperture radar data*. IEEE Transactions on Geoscience *Remote Sensing*, 38:383-390

Rizki Akbar P., J.T. Sri Sumantyo, Hiroaki Kuze. (2000). *A Novel Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (CP-SAR) System Onboard A Spaceborn Platform*".International Journal of Remote Sensing.

Sumantyo, Josaphat Tetuko Sri. (2010). *Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard UAV for Earth Diagnosis*. EUSAR.

DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNIT PERALATAN PRAKTIKUM PLC 24 V UNTUK SMK DAN PENDIDIKAN VOKASI

Sunomo[1], Andik Asmara[2], Herlambang Sigit[3], dan Nopa Widiyanto[4]
[1,2,3]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
[4]Tenaga Kependidikan Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY
E-mail: [1]sunomo@uny.ac.id, [2]andikasmara@uny.ac.id, [3]herlambang@uny.ac.id, [4]nopawidiyanto@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menciptakan unit Praktikum PLC (Programmable Logic Controller) yang bekerja pada tegangan rendah tiga fasa 24/41 volt, sehingga murah, aman dioperasikan untuk pembelajaran. Untuk PLC berprosesor ATMEGA 16 dengan 12-IO ini, disediakan dua unit motor tiga fasa modifikasi dari motor mesin cuci yang dioperasikan melalui kontaktor magnetik buatan peneliti ; tiga lampu dan sebuah alarm. Lampu menggunakan lampu pijar sepeda motor. Pemrograman diagram tangga dilakukan melalui komputer jinjing, berlandas perangkat lunak LD micro. Pengujian oleh tiga pakar dari Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY menunjukkan bahwa unit ini layak sebagai sarana praktikum di SMK dan pendidikan vokasi.

Kata Kunci: PLC, SMK, Pendidikan Vokasi

ABSTRACT

This study aims to create a low voltage 3 phase 24/41 volt complete PLC training module for SMK and vocational education lab experiment, which is cheap and save. The 12 I-O PLC unit supported by ATMEGA 16 , programmed by LD micro ladder diagram software on the laptop connected to the module. The specification of the loads are: two unit three phase motor modified from wahing machine motor with specific magnetic contactor, three modified motorcycle bulb lamp and one alarm. The evaluation result from the three PLC programmer expert shows that the unit works wel as it intended.

Keywords: *PLC, SMK , vocational education*

PENDAHULUAN

PLC (programmable logic controller) sudah sangat umum digunakan sebagai sarana praktikum di SMK dan pendidikan vokasi, karena industri banyak menggunakannnya sebagai kendali otomatis yang terprogram bagi kordinasi kerja mesin-mesin produksinya. PLC sudah banyak diproduksi, di antaranya oleh ABB, Siemens, Omron, Mitsubishi, Hitachi, General Electric, Fanuc, Schneider , Zelio serta buatan Tiongkok dan India. Festo Didactic dari Canada menawarkan modul praktikum PLC untuk pendidikan melalui unitnya, programmable logic controller training system (add-on to 8036-1 or 8036-e:2017), dengan bagian modul yang terpisah-pisah, sementara PLC untuk edukasi buatan Tiongkok Shandong Xingke(2017) harga modul induknya saja sudah 1000 USD. Unit lengkapnya mencapai 5000 USD.

PLC dapat dibuat atau dirakit sendiri menggunakan mikrokontroler, seperti yang dikutip dari jurnal Maha M. Lashin menuliskan bahwa PLC merupakan unit yang digunakan untuk mengendalikan menggunakan mikroprosesor (Maha M.L, 2014: 27). Sedangkam media praktikum atau pemebalajaran adalah media pembelajaran dapat dipahami sebagai segala sesuatu yang dapat

menyampaikan atau menyalurkan pesan dari sumber secara terencana, sehingga terjadi lingkungan belajar yang kondusif dimana penerimanya dapat melakukan proses belajar secara efisien dan efektif (Rayanda Asyar, 2012: 8). Sedangkan Syaful Bahri Djamarah dan Azwan Zain (2010:121) menulis bahwa media pembelajaran adalah alat bantu apa saja yang dapat dijadikan sebagai penyalur pesan agar tercapai tujuan pembelajaran. Sehingga, dalam penelitian ini dibuat unit praktikum PLC dengan 12-IO (enam masukan an enam keluaran) dengan beban keluaran berupa dua unit motor mesin cuci yang telah dimodifikasi gulungannya sehingga menjadi motor tiga fasa. Motor dioperasikan oleh PLC dengan perantara kontaktor magnetic tiga fasa yang dibuat oleh peneliti. Tiga buah lampu pijar menggunakan lampu sepeda motor dan sebuah alarm sehingga keseluruhan unitnya mengunakan tegangan 24 volt.

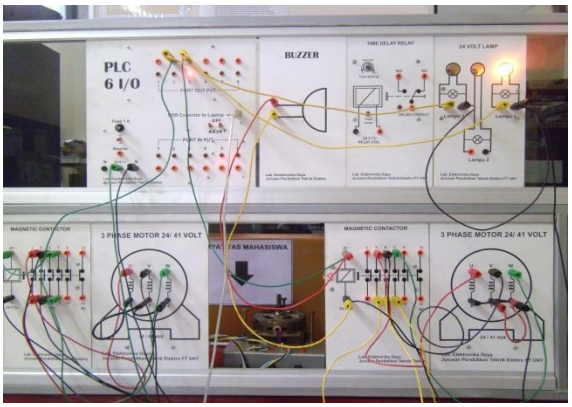
Tegangan rendah yang digunakan dalam unit praktikum memiliki tujuan khusus. Tujuan diantaranya yaitu dengan penggunaan tegangan rendah ini, harga unit praktikum menjadi lebih murah, dan berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik tertulis bahwa tegangan AC dibawah 50V aman untuk dioperasikan apabila mendapatkan sentuhan langsung dalam kondisi kering (PUIL, 2000), dan diamati sebagai sarana pembelajaran. Masalahnya apakah unit yang dibuat ini dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan?

METODE

Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan, (R & D) dengan mendesain bentuk fisik unit praktikum, menguji coba semua beban dan mengevaluasi ketahanan kerjanya dengan menyalakan unit selama empat jam terus menerus. Evaluasi terhadap kelayakan unit dilakukan dengan angket sistem terbuka yang berupa kesan dan saran dari tiga pakar pemrogram PLC yang diundang untuk mencoba unitnya guna mengevaluasi kinerjanya. Instrumen yang digunakan dalam desain yang dibuat dalam penelitian ini adalah alat ukur listrik yang meliputi voltmeter, ohmmeter dan siloskop

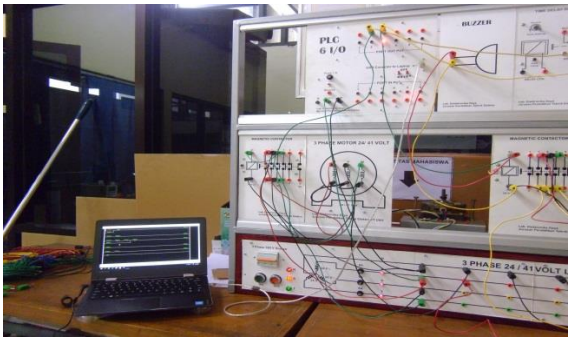
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah bangunan fisik unit praktikum yang memiliki wujud seperti dinyatakan dalam Gambar 1, Unit terdiri dari unit induk yang di dalamnya berisi trafo sumber yang berisi trafo tiga fasa dan unit tiga transformator 10 ampere pengubah 220V/380 V ke 24 volt/41 volt lengkap dengan kontaktor magnetik, MCB, tombol start dan stop untuk sumber sumber listrik masukannya dan sekring pengaman 10 ampere di sisi sekunder (24 volt) lengkap dengan lampu indikator di masing-masing fasanya. Unit anakan yang tampang depannya berupa gambar skematik tertempel pada papan akrilik adalah untuk masing-masing tipe beban berupa motor tiga fasa, kontaktor magnetic, lampu dan alarm. Bendanya tertempel di belakangnya kecuali untuk motor tiga fasa, bendanya didudukkan di papan datar unit induknya. Gambar 2 menunjukkan computer jinjing yang sedang digunakan untuk memprogram PLC di larik bagian atas modul induk. Unit modul PLC-nya dapat dilihat pada Gambar 1.

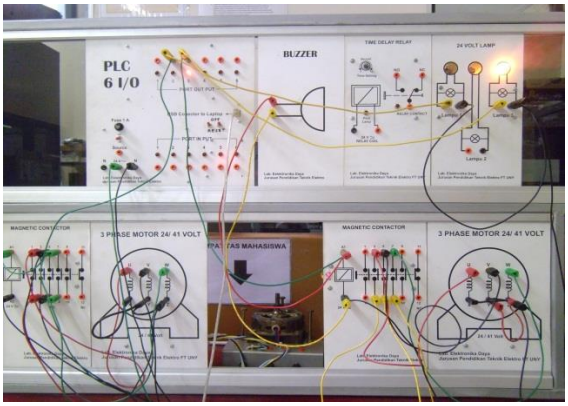


Gambar 1. Unit praktikum PLC yang dibuat dalam penelitian (motor di belakang papan)

Hasil evaluasi kinerja dari ketiga pakar menunjukkan bahwa unit ini layak untuk digunakan sebagai alat praktikum dengan usulan perbaikan.



Gambar 2. Komputer jinjing sedang digunakan memprogram PLC



Gambar 3. PLC sebagai unit anakan terletak di larik bagian atas unit modul induk, motor terletak di papan datar bagian belakang.

Evaluator 1.

1. Pengganti MC sebaiknya menggunakan satu relai sehingga terjaga keserempakannya. Berikut gambarnya.
2. Agar mendekati kenyataan, motor perlu dilengkapi thermal overload relai.
3. Untuk mempermudah pengoperasian, terminal masukan diberi push botton
4. Warna terminal colok (banana plug) disesuaikan dengan kode fasa; R = merah, S = kuning. T= hitam dan N = biru
5. Perlu ditambah modul lampu pengganti motor agar mempermudah pemahaman tentang sambungan segitiga

Kesan evaluator: -

Evaluator 2 :

1. Tatacara pemrograman belum ada seperti pemanggilan input, output Penambahan Rung delete program dan cara menghubungkan setiap variabel
2. Penggunaan instruksi seperti timer, counter dan yang lainnya perlu dibahas dalam suaau modul pembelajaran sehingga memudahkan peserta didik dalam membuat program
3. Berdasarkan data input pada LD micro, penambahan input memungkinkan untuk sensor
4. Pada unit anakan modul PLC, tertulis 6 I/O diganti dengan 12I/O) (6 input/6 output)

Kesan evaluator:

1. Desain dan implementasi kendali ini dapat menjadi media alternatif untuk SMK maupun pendidikan vokasi
2. Media ini sangat membantu dan dapat memudahkan peserta didik untuk memahami logika PLC/smart relai
3. Media ini mampu bersaing dengan produk pabrik

Evaluator 3

1. Simbol kelistrikan hendaknya mengacu pada standar (IEC/ANSI/PUIL)

2. Untuk materi star-delta hendaknya menggunakan satu tambahan modul MC agar terminal motor tidak bertegangan saat motor tidak bekerja
3. Bagian keluaran (part output) ditambah tombol tekan (push button)

Kesan Evaluator:

Secara keseluruhan modul ini sangat bagus untuk diterapkan sebagai media pembelajaran

Dari kesan evaluator; unit praktikum yang dibuat dalam penelitian ini dinyatakan layak sebagai sarana pendidikan vokasi. Usulan untuk penambahan kontaktor magnetik dan overload relay mengarah pada penggunaan unit sebagai sarana praktikum pengoperasian motor dalam hubungan star-delta agar sesuai dengan standar hubungan kelistrikan yang berlaku. Idealisme pengunaan warna terminal fasa R, S dan T seperti yang disarankan dapat dipenuhi melalui pencarian barang di lebih dari satu toko. Saran yang terkait dengan kejelasan instruksi atau penulisan dalam pemrograman memang nantinya harus diberikan oleh pengajarnya melalui buku pegangan praktikum, karena memprogram PLC buatan pabrik yang berbeda juga sedikit berbeda walaupun prinsip dasarnya sama.

Saran yang terkait dengan penambahan penggunaan tombol tekan untuk menghidupkan PLC-nya akan dipenuhi jika unit diproduksi massal untuk praktikum (operasi dalam pengujian dilakukan dengan menyentuhkan sebentar kabel bertegangan 24 volt ke terminal masukan PLC, seperti halnya yang dilakukan dalam pengoperasian motor tiga fasa melalui modul ALTIVAR buatan Schneider yang ada di laboratorium Elektronika Daya Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY). Yang terkait dengan standar simbol yang digunakan, peneliti menyesuaikan simbol kontaktor magnetic dan motor dengan simbol yang digunakan unit praktikum yang ada di lab Instalasi Listrik Jurusan. Jika sudah dijadikan produk massal, maka pengunaan simbol disesuaikan dengan keinginan pengguna atau pembeli unit praktikum ini.

SIMPULAN

Unit praktikum PLC yang dibuat dalam penelitian ini layak untuk digunakan sebagai alat atau media praktikum di SMK dan pendidikan vokasi.

DAFTAR RUJUKAN

Festo Didactic, (2016),"*Innovations for 2016" http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/highlights_2016_en.pdf* [10 Maret 2017]

Maha, M. Lashin, (2014) "*Deferent application of Programmable Logic Control*", International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), (2000), Standar Nasional Indonesia.

Rayandra Asyar, (2012), "*Kreatif Pengembangkan Media Pembelajran"*. Jakarta: Gaung Persada Press.

Shandong Xinke Intelligent Technology,(2016), **"***Xkplc-Tj1 Electrical Teaching Aid Equipment*, PLC Training Device", Https://Sdxk.En.Alibaba.Com,[8 Maret 2017]

Syaful Bhari Dzamarah dan Arswan Zain, (2010), "Strategi Belajar Mengajar". Jakarta: Rineka Cipta. Edisi Revisi

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN ROBOT BIPEDAL NAVIGASI ARAH BERBASIS *GRAPHICAL USER INTERFACE*

Adhy Kurnia Triatmaja
Mahasiswa Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta
Email: adhy.kurnia45@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dan tingkat kelayakan media pembelajaran robot bipedal navigasi arah. Penelitian ini merupakan Penelitian Pengembangan dengan menggunakan model pengembangan ADDIE. Instrumen penelitian menggunakan angket. Pengolahan data penelitian menggunakan statistik deskriptif. Unjuk kerja dari robot bipedal navigasi arah dapat memposisikan diri ke arah tujuan dengan toleransi -10 dan 10 derajat. Tingkat kelayakan dinilai berdasarkan lima aspek yaitu : aspek kemanfaatan media dinyatakan sangat layak, (2) aspek perangkat media dinyatakan layak (3) aspek kemudahan dinyatakan layak, (4) aspek relevansi materi pembelajaran dengan tujuan pembelajaran dinyatakan layak, (5) aspek teknis media pembelajaran dinyatakan layak.

Kata Kunci: *ADDIE, GUI, Robot bipedal.*

ABSTRACT

This research aims to determine the performance and feasibility bipedal robot heading navigation media. This study is a Research Development with model ADDIE approach. The research instrument used questionnaire. The analysis of data using descriptive statistics. The performance of the bipedal robot heading navigation can locating themselves toward the goal with a tolerance of -10 and 10 degrees. Feasibility level bipedal robot heading navigation based on five aspects: (1) the aspect of expediency media declared very decent, (2) the aspect of a media device declared feasible (3) aspects of declared feasible, (4) the relevance aspect of learning material to the learning objectives declared feasible, (5) the technical aspects of the media declared feasible.

***Keyword** : ADDIE, GUI, Bipedal robot.*

PENDAHULUAN

Perguruan tinggi merupakan tempat menuntut ilmu bagi lulusan SMA/SMK sebagai syarat untuk menuntut ilmu pada tingkat sarjana dan diploma. Sesuai dengan undang-undang No. 2 tahun 1989 tentang Sistem Pendidikan Nasional menyebutkan bahwa perguruan tinggi dapat berbentuk Akademi, Politeknik, Sekolah Tinggi, Institut, atau Universitas. Perguruan tinggi juga merupakan tempat munculnya para penemu-penemu muda dengan berbagai kreatifitas. Karena salah satu tujuan pendidikan tinggi pada undang-undang pendidikan tinggi nomer 7 tahun 2012 adalah menghasilkan lulusan yang menguasai cabang ilmu pengetahuan dan/atau teknologi untuk memenuhi kepentingan nasional dan peningkatan daya saing bangsa. Sehingga mahasiswa perlu diberikan pengetahuan dan kemampuan untuk meningkatkan kemajuan bangsa.

Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika Universitas Negeri Yogyakarta merupakan program studi yang fokus pada bidang kendali yang disiapkan untuk menjadi

guru di SMK dengan jurusan Otomasi Industri atau sejenisnya. Karena fokus di bidang kendali maka banyak muncul alat-alat baru yang modern berbasis kendali otomatis. Alat-alat yang dibuat tersebut melibatkan komponen elektronika dan program pada *mikrocontroller* untuk mengendalikan alat tersebut sesuai fungsinya yang juga diajarkan disini. Selain itu, terdapat juga pembelajaran robotika yang mempelajari tentang sistem-sistem robot yang juga dibuat secara otomatis. Robotika merupakan ilmu yang mempelajari tentang bagian-bagian robot serta kendali yang digunakan, mulai dari motor penggerak, sensor, dan program yang dibuat agar robot dapat bekerja secara otomatis. Berdasarkan pengamatan pada pembelajaran robotika bahwa motivasi mahasiswa akan pembelajaran robotika kurang karena pembelajaran berbasis proyek dan mahasiswa mengumpulkan proyek tersebut tidak tepat waktu dan banyak proyek yang belum jadi dan tidak bekerja yang mungkin dikarenakan karena mahasiswa kurang aktif dalam mencari ilmu dan mendalaminya.

Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional No. 20 Tahun 2003 menyatakan pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran sebagai proses dari peserta didik dalam mengembangkan dan meningkatkan kemampuan dan pengetahuan baru pada materi pelajaran yang diberikan oleh seorang pengajar.

Margaret E. Gredler (2008:2) menjelaskan pada buku terjemahannya yang berisi belajar adalah multisegi yang biasanya dianggap sesuatu yang biasa saja oleh individu sampai mereka mengalami kesulitan saat menghadapi tugas yang kompleks.

Rostina Sundayana (2015:4) media berasal dari bahasa latin dan merupakan bentuk jamak dari medium yang secara harifiah berarti "Perantara" atau "Penyalur". Menurut Azhar Arsyad (2014:3) menyatakan bahwa media berasal dari bahasa arab yang berarti perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan.

Hujair AH Sanaky (2013:4) menyatakan media pembelajaran adalah sarana atau alat bantu pendidikan yang dapat digunakan sebagai perantara dalam proses pembelajaran untuk mempertinggi efektifitas dan efisiensi dalam mencapai tujuan pengajaran.

Robotika merupakan mata kuliah yang terdapat pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika. Berdasarkan wawancara yang dilakukan peneliti pembelajaran robotika kurang didukung dengan media pembelajaran yang memadai sehingga pembelajaran kurang efektif.

Media pembelajaran robotika bervariatif dan cukup banyak untuk mendukung proses pembelajaran, maka diperlukan media pembelajaran yang mewakili robot yang dapat digunakan pada dunia industri. Media pembelajaran untuk mata kuliah robotika perlu didukung dengan media yang sesuai sehingga media pembelajaran robot bipedal navigasi arah merupakan salah satu media pembelajaran yang mewakili pembelajaran robotika yaitu pada kompetensi sensor dan aktuator.

Menurut Sugiyono (2015:407) Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Dalam penelitian dan pengembangan terdapat beberapa model pengembangan yang dapat dilakunan sesuai dengan pendapat para ahli.

Salah satu model pengembangan adalah menggunakan ADDIE yang dikemukakan oleh Robert M. Branch (2009:2). ADDIE merupakan singkatan dari *Analyze, Design, Develop, Implement* dan *Evaluation*. Menurut Branch produk dengan proses ADDIE merupakan salah satu cara paling efektif karena ADDIE adalah sebuah proses yang berfungsi sebagai kerangka pedoman untuk situasi yang kompleks, sehingga tepat untuk mengembangkan produk pendidikan dan sumber belajar lain.

Robot Bipedal Berasal dari kata robot dan bipedal, robot menurut Endra Pitowarno (2006:1) dalam bukunya robot berasal dari bahasa Czech, *robota*, yang berarti pekerja, bipedal menurut kamus oxford berarti sesuatu yang berjalan dengan dua kaki. Jadi robot

bipedal merupakan suatu yang digunakan untuk bekerja dengan menggunakan dua kaki.

Menurut Wahana (2010:102) *Graphical User Interface* (GUI) adalah sebuah metode interaksi manusia dan komputer, dimana komputer menyediakan tampilan grafis yang mudah dimengerti oleh manusia (user) dalam mengoperasikan suatu aplikasi. Dari pengertian diatas berarti GUI berfungsi untuk memudahkan penggunaan suatu program karena lebih mudah untuk dipahami.

METODE

Penelitian ini menghasilkan produk media pembelajaran robotika berupa robot bipedal navigasi arah. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan. Pengembangan dari produk menggunakan model ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implement, Evaluate*) dari Robert Maribe Branch (2009). Penelitian ini dimulai sejak bulan Juni 2015 hingga selesai. Lokasi penelitian adalah di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Subyek penelitian adalah mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Mekatronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Pengembangan produk menerapkan model ADDIE meliputi analisis, perancangan media, pembuatan dan pengembangan media, implemetasi dan evaluasi. Analisis dilaksanakan dengan cara observasi langsung pada kegiatan pembelajaran robotika. Perancangan dilakukan dari perangkat keras dan perangkat lunak untuk menyesuaikan dengan kebutuhan peserta didik. Pembuatan dan pengembangan dilakukan dengan membuat robot bipedal navigasi arah dan pemrograman agar robot dapat bergerak menuju arah tujuan. Sebelum diimpelentasikan pada peserta didik maka dilakukan uji blackbox untuk menguji unjuk kerja dan fungsionalitas dari robot. pada tahap implementasi dilakukan persiapan terhadap pengajar dan peserta didik. Dan pada tahap evaluasi dilakukan pengujian terhadap para ahli dan peserta didik pada kelompok kecil dan kelas praktik.

Instrumen penelitian terdiri dari instrumen angket dan instrumen tes. Instrumen angket berfungsi untuk mengatahui tingkat kelayakan media pembelajaran berupa robot bipedal navigasi arah untuk mendukung mata kuliah robotika. Instrumen tes terdiri dari *pretest* dan *postest* berfungsi untuk mengetahui pengaruh media pembelajaran robot bipedal navigasi arah untuk mendukung mata kuliah robotika terhadap nilai rata-rata peserta didik dan dibandingkan dengan nilai rata-rata tahun sebelumnya. Analisis data dilakukan dengan cara analisis desktiptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan media pembelajaran robot bipedal navigasi arah berbasis *Graphical User Interface* yang dilakukan menggunakan model penelitian ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation) dari Robert M. Branch kemudian dilakukan tiga kali pengujian dan setiap setelah pengujian dilakukan revisi sesuai dengan hasil saran dan kesimpulan dari data yang didapat. Revisi dilakukan untuk menyesuaikan sebelum ke tingkat ujicoba berikutnya, yaitu revisi berdasarkan saran dan data para ahli, revisi berdasarkan saran dan data dari mahasiswa di kelompok kecil, dan revisi berdasarkan saran dan data dari mahasiswa di kelompok besar. Hasil penelitian untuk unjuk kerja dibahas pada tahap pengembangan dengan uji blackbox dengan hasil robot bipedal dapat berputar sesuai dengan tujuan dengan toleransi -10 dan 10 derajat yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel toleransi unjuk kerja

Arah Mata Angin	Derajat (^{o})	Toleransi/Batas Berhenti(^{o})
Utara	0	350 - 360 dan 0 - 10
Timur	90	80 - 100
Selatan	180	170 - 190
Barat	270	260 - 280

Analisis data yang dilakukan menggunakan skala *likert* dengan empat pilihan sangat layak, layak, kurang layak, dan tidak

layak. Kategori penilaian dengan 4 skala dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Konversi Interval Skor Media Pembelajaran

Kategori Penilaian	Interval Nilai Aspek Kemanfaatan	Interval Nilai Aspek Rekayasa	Interval Nilai Aspek Komunikasi
Sangat Layak	26 ≤ X≤ 32	32,5 ≤ X≤ 40	13 ≤ X≤ 16
Layak	20 ≤ X≤ 25	25 ≤ X≤ 31,5	10 ≤ X≤ 12
Kurang Layak	14 ≤ X≤ 19	17,5 ≤ X≤ 24	7 ≤ X≤ 9
Tidak Layak	8 ≤ X≤ 13	10 ≤ X≤ 16,5	4 ≤ X≤ 6

Tabel 3. Konversi Interval Skor Materi Pembelajaran

Kategori Penilaian	Interval Nilai Aspek Relevansi	Interval Nilai Aspek Teknis
Sangat Layak	39 ≤ X≤ 48	19,5 ≤ X≤ 24
Layak	30 ≤ X≤ 38	15 ≤ X≤ 18,5
Kurang Layak	21 ≤ X≤ 29	10,5 ≤ X≤ 14
Tidak Layak	12≤ X≤ 20	6 ≤ X≤ 9,5

Hasil angket kelayakan pada kelompok kecil didapat rata-rata dari nilai angket yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. hasil analisis kelayakan pada kelompok kecil

Aspek	Rata-rata	Kategori
Aspek Kemanfaatan	26,625	Sangat Layak
Aspek perangkat	29,875	Layak
Aspek kemudahan	12,5	Layak
Aspek Relevansi	37,875	Layak
Aspek Teknis	18,125	Layak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dan tingkat kelayakan dari media pembelajaran robot bipedal navigasi arah berbasis *graphical user interface* untuk mendukung mata kuliah robotika. Unjuk kerja dari robot bipedal navigasi arah dinilai dengan uji blackbox. Tingkat kelayakan dari media pembelajaran diukur dengan instrumen angket media pembelajaran dan materi pembelajaran yang diujikan kepada para ahli materi dan ahli media dan pada kelompok kecil yang berjumlah 8 mahasiswa program studi pendidikan teknik mekatronika. Instrumen angket media dan materi yang mencangkup lima aspek, yaitu kemanfaatan media, aspek perangkat media, dan aspek kemudahan, aspek relevansi materi dengan tujuan pembelajaran dan aspek teknis media pembelajaran. Kelayakan diperkuat dengan membandingkan rata-rata nilai dari tahun lalu sebelum dan setelah diberikan pembelajaran dengan media robot bipedal navigasi arah yang dilakukan pada saat pembelajaran robotika dan dilakukan oleh 16 mahasiswa kelas F program studi pendidikan teknik mekatronika. Media pembelajaran dinyatakan layak apabila hasil angket menyatakan bahwa media dan materi layak digunakan dan dinyatakan baik apabila presentase ketuntasan belajar pada peserta didik meningkat.

Hasil analisis data unjuk kerja dapat diketahui dengan menguji setiap fungsi dari bagian robot bipedal navigasi arah, data hasil pengujian menunjukan bahwa robot dapat berfungsi dengan normal dari setiap bagian.

Setelah dilakukan uji blackbox, robot dijalankan sesiuai prosedur dan mendapatkan hasil bahwa robot dapat berputar ke arah yang dituju dengan toleransi -10 dan 10 derajat , untuk tujuan robot utara atau 90 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 80-100 derajat, untuk tujuan robot utara atau 180 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 170-190 derajat, untuk tujuan robot utara atau 270 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 260-280 derajat.

Hasil analisis data instrumen angket media pembelajaran pada aspek kemanfaatan media mempunyai nilai rata-rata 26,625 dari maksimal 32 sehingga dinyatakan sangat layak, aspek perangkat media dengan hasil rata-rata 29,875 dari maksimal 40 sehingga dinyatakan layak, aspek kemudahan dengan hasil rata-rata 12,5 dari maksimal 16 sehingga dinyatakan layak, aspek relevansi materi pembelajaran dengan tujuan pembelajaran dengan hasil rata-rata 37,875 dari maksimal 48 sehingga dinyatakan layak, aspek teknis media pembelajaran dengan hasil rata-rata 18,125 dari maksimal 24 sehingga dinyatakan layak.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari pengembangan media pembelajaran menggunakan robot bipedal navigasi arah berbasis *graphical user interface*, maka didapat beberapa kesimpulan yaitu (1) Unjuk kerja dari robot bipedal navigasi arah dapat menentukan arah dari robot dan dapat memposisikan diri kearah tujuan dengan toleransi 0-10 derajat untuk tujuan robot utara atau 0 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 350-360 derajat dan 0-10 derajat, untuk tujuan robot utara atau 90 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 80-100 derajat, untuk tujuan robot utara atau 180 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 170-190 derajat, untuk tujuan robot utara atau 270 derajat maka robot akan berhenti berputar pada derajat 260-280 derajat. (2) Tingkat kelayakan dari robot bipedal navigasi arah bila ditinjau dari media dan materi pembelajaran yang memiliki lima aspek, yaitu : (1) aspek kemanfaatan media dengan hasil rata-rata 26,625 dari maksimal 32 sehingga dinyatakan sangat layak, (2) aspek perangkat media dengan hasil rata-rata 29,875 dari maksimal 40 sehingga dinyatakan layak, (3) aspek kemudahan dengan hasil rata-rata 12,5 dari maksimal 16 sehingga dinyatakan layak, (4) aspek relevansi materi pembelajaran dengan tujuan pembelajaran dengan hasil rata-rata 37,875 dari maksimal 48 sehingga dinyatakan layak, (5) aspek teknis media pembelajaran dengan hasil rata-rata 18,125 dari maksimal 24 sehingga dinyatakan layak.

DAFTAR RUJUKAN

Arsyad, Azhar.(2014). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada

Endra Pitowarno (2006). *Robotika : Desain, Kontrol, Dan Kecerdasan Buatan.* Yogyakarta: ANDI

Gredler, Margaret E.(2008). *Learning and Instruction*. South Carolina:Merrill Pearson

Sanaky, Hujair AH. (2013). *Media pembelajaran interaktif-inovatif*. Yogyakarta:

Robert M. Branch (2009). *Instructional Design : The ADDIE Approach.* USA:Springer.

Sundayana, Rostina(2015). *Media Pembelajaran Matematika*. Bandung:CV. Alfabeta.

Sugiyono.(2014).*Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan H&D*. Bandung. Alfabeta

Sugiyono.(2015). *Metode Penelitian & Pengembangan*. Bandung. Alfabeta

Wahana Komputer (2010). *ShourtCourse Pengembangan Aplikasi Database Berbasis JavaDB dengan Dengan Netbeans.* Yogyakarta : ANDI

SISTEM *POWER SUPPLY* TEGANGAN DAN ARUS BOLAK-BALIK TEROPTIMASI VOLT METER DIGITAL MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO

Aji Saputra[1] dan Sunyoto[2]
[1]Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
ajiputra336@gmail.com
[2]Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengontruksi kembali sistem *Power Supply* tegangan dan arus bolak-balik dari sumber PLN 3 phasa 380 Volt menjadi tegangan tetap dan tegangan variabel 3 phasa 220 Vac dilengkapi dengan voltmeter digital mengunakan mikrokontroler Arduino. Berdasarkan hasil pengujian dari "Sistem *Power Supply* Tegangan dan Arus Bolak-Balik Teroptimasi Volt Meter Digital Mengunakan Mikrokontroler Arduino Uno" telah menunjukkan unit dalam kondisi baik untuk digunakan pada bengkel mesin listrik di Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Dari hasil pengujian kontruksi sistem tegangan bolak-balik dan alat pembacaan tegangan dalam kondisi baik. Hasil dari pengujian unjuk kerja dari unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac yaitu hasil pengukuran tegangan tetap 3 fasa 220 Vac antar line sebesar 220 Vac dan rata-rata *drop* tegangan sebesar 2,26 %. Hasil pengukuran tegangan variabel 3 fasa antar line sebesar 0-220 Vac dan rata-rata *drop* tegangan sebesar 2,62%. Hasil pengujian alat pembacaan dengan menggunakan mikrokontroler persentase kesalahan sebesar 3,47 %.

Kata kunci: teknik pembacaan tegangan, Arduino, dan *power supply*.

ABSTRACT

This research is purposed to re-construct power supply system of voltage and alternating current from source PLN 3 phase 380 Volt into fixed voltage and variable voltage 3 phase 220 Vac, equipped with voltmeter digital using Arduino microcontroller. After testing the unit/device can be seen that the unit is in good condition to be used in electrical machine workshop in Electrical Engineering Study Program, Engineering Faculty, Yogyakarta State University. From the test results of the construction of the voltage system back and forth and the voltage reading tool in good condition. The results of performance testing of the power supply unit in particular fixed voltage 3 phase 220 Vac and 3-2 phase variable voltage 0-220 Vac is the result of fixed voltage measurement 3 phase 220 Vac velocity of 220 Vac and the average voltage drop of 2.26% . The result of voltage measurement of 3 phase variable between line 0-220 Vac and average voltage drop 2,62%. The result of the reading of the voltage sensor using microcontroller is the percentage of error around 3.47%.

Keywords: *voltage reading techniques, Arduino, and power supply*.

PENDAHULUAN

Dunia pendidikan selalu berupaya untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Beragam strategi yang dilakukan bertujuan untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih kaya serta mengembangkan keterampilan, pengetahuan dan sikap yang dibutuhkan untuk kehidupan sehari-hari dalam rangka mewujudkan tujuan pendidikan itu sendiri.

"Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian,

kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara". (Depdiknas, 2003).

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas pendidikan adalah dengan meningkatkan kualitas pembelajaran. Kualitas pembelajaran yang baik tidak terlepas dari kualitas media pembelajaran yang digunakan. Salah satu media pembelajaran yang harus ditingkatkan kualitasnya adalah alat dan bahan praktikum, faktor tersebut terbukti bahwa kualitas bahan dan alat yang baik mampu meningkatkan hasil pembelajaran.

Pada kurikulum Prodi Teknik Elektro FT UNY 2014, mesin listrik merupakan salah satu mata kuliah yang harus ditempuh, mata kuliah ini dengan bobot 5 SKS yang terbagi atas 3 SKS teori dan 2 SKS praktik yang dalam pelaksanaan pembelajarannya dilaksanakan secara terpisah. Mata kuliah mesin listrik ini membahas mesin DC, mesin AC dan transformator. Sehingga dalam praktiknya harus membutuhkan sumber energi listrik yang khusus untuk menunjang pembelajaran praktik mesin listrik.

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan penulis pada bengkel perkuliahan praktik mesin listrik, ada beberapa permasalahan pada sumber energi listrik atau *power supply* yang digunakan, di antaranya : a) terdapat satu unit *power supply* (catu daya) yang merupakan komponen utama dalam praktik mesin listrik mengalami kerusakan. Kerusakan 1 unit *power supply* dari 3 *power supply* yang ada, sangat mempengaruhi kelancaran pada saat praktik mesin listrik, b) tidak adanya cadangan unit sumber energi listrik atau *power supply* yang digunakan pada bengkel mesin listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY yang apabila salah satu unit *power supply* terjadi kerusakan, maka kegiatan pembelajaran menjadi terhambat, c) *Power supply* yang tersedia pada bengkel mesin listrik Jurusan pendidikan Teknik Elektro FT UNY masih mempunyai keterbatasan kinerja terhadap pembacaan output dan input tegangan atau arus. *Power supply* tersebut pembacaan tegangannya masih sebatas manual yaitu menggunakan volt meter dan amper meter analog.

Power Supply *Power supply* adalah suatu alat yang fungsi kerjanya seperti catu daya tetapi lebih komplex atau kombinasi dari beberapa catu daya yang digunakan untuk menghasikan sumber listrik yang bermacam-macam. Selain itu yang membedakan *power supply* dengan catu daya adalah *power supply* dilengkapi dengan sistem proteksi dalam fungsi kerjanya. Pada kontruksi *power supply* terdapat 3 bagian utama yaitu ; sistem tegangan arus searah, sistem tegangan arus bolak-balik dan sistem proteksi seperti ditunjukan

Pada sistem tegangan bolak balik pada *power supply* mengubah tegangan PLN 3x380 Vac menjadi 2 keluaran yaitu ; tegangan tetap tiga fasa 220 Vac dan tegangan variabel 220 Vac. sedangkan pada sitem tegangan searah pada *power supply* mengubah tegangan PLN 3x380 Vac menjadi 2 keluaran yaitu; tegangan tetap 220 Vdc dan tegangan variabel 220 Vdc

Dalam pembuatan penelitian ini penulis berkonsentrasi pada unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac. Sistem tegangan bolak-balik memiliki beberapa komponen yang akan dijelaskan yaitu; tranformator tiga fasa, variabel transformator tiga fasa, dan magnetik kontaktor.

Alat pembacaan tegangan merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tegangan *power supply*. Parameter tegangan perlu diukur dikarenakan sangat penting untuk menunjang praktik mesin listrik pada saat menggunakan mesin listrik maupun generator dalam pengambilan data.Pengembangan alat pembacaan tegangan dirancang untuk mempermudah

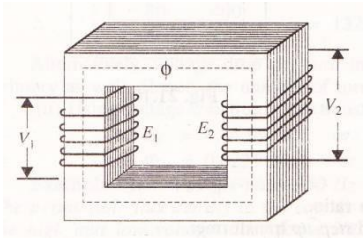
pengukuran tegangan. Pengukuran tegangan tersebut di tampilkan pada satu layar LCD. Sehingga yang diharapkan tegangan yang diukur lebih jelas, akurat dan mudah dipahami.

Alat pembacaan tegangan pada *power supply* dirancang dengan menggunakan perkembangan teknologi dalam bentuk mikrokontroler, jenis mikrokontroler yang digunakan telah banyak dipasaran. Fitur-fitur dalam mikrokontroler juga sudah mendukung untuk pembuatan dan pengembangan program dalam perencanaan alat pembacaan tegangan dengan monitor digital. Parameter tegangan yang akan diukur pada alat pembacaan tegangan pada *power supply* adalah tegangan bolak-balik.

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak balik dari suatu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip – prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum faraday yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada trasformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah - ubah, sehingga pada sisi primer terjadi induksi dan sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul ggl.

Sistem transformator tiga fasa dibangun dengan menghubungkan tiga buah transformator satu fasa ke sistem suplai listrik tiga fasa. Ada beberapa konfigurasi rangkaian primer dan sekunder transformator tiga fasa, yaitu: hubungan bintang – bintang, hubungan segitiga – segitiga, hubunganbintang-segitiga dan hubungan segitiga-bintang.hubungankumparan tiga fasa akan mempengaruhi arus dan teganganya.Pengaturan konfigurasi hubungan transformator tiga fasa perlu dilakukan untuk dapat menggunakan transformator tiga fasa secara tepat. (Zuhal & Zhanggischan. Prinsip Dasar Elektroteknik. Hal 631)



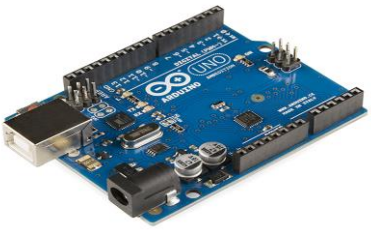
Gambar 1. Konstruksi Transformator

(Sumber: http://repository.unri.ac.id/)

Magnetik Kontaktor Pada power supply magnetic kontaktor digunakan sebagai switch atau saklar yang berfungsi sebagai pemutus dan penyambung aliran daya menuju komponen-komponen power supply. Magnetik kontaktor adalah piranti elektromagnetik yang dapat berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian. (Djoko Laras, 2009:12). Pergerakan kontak-kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Magnetik kontaktor merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya alat ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Kumparan atau belitan magnet (*coil)* suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus searah (DC) saja atau arus bolak-balik (AC) saja.

Gambar 2. Magnetik kontaktor.

Arduino Uno merupakan suatu papan mikrokontroler berbasis Atmega 328 dengan 14 digital pin *input* analog dan *outout.* Dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *input* analog, *crystal* osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, kepala ICPS, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang di perlukan untuk mendukung mikrokontroler, terhubung ke komputer/PC dengan kabel USB dan sumber tegangan bisa di dapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. (Evans Brian : 2011).



Gambar 3. Papan Arduino Uno

(Sumber: https://upload.wikimedia.org)

Sensor Tegangan merupakan suatu alat ukur atau piranti baik mekanik maupun elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi adanya suatu perubahan lingkungan baik fisik ataupun kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut *Transduser*. (Iwan, Setiawan. 2009).

Liquid Cristal Display (LCD) yaitu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf atau angka. *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit.*

Material *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah sebuah lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *indium oksida* dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari *segmen.* Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya *vertical* depan dan *polarizer* cahaya *horisontal* belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulakan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. (https://id.wikipedia.org)

Gambar 4. Modul *Liquid Cristal Display*

(Sumber:https://wiki.eprolabs.com/images/1/18/LCD.jpg)

LCD yang digunakan pada alat metering ini menggunakan LCD 16x2. LCD 16x2 merupakan LCD yang terdiri dari 2 baris dan 16 karakter. Bentuk fisik LCD 16x2 ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Sistem tegangan bolak-balik pada *power supply* terbagi menjadi dua yaitu; (1) tegangan tetap 3 fasa 220 Vac; (2) tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac. Tegangan keduanya sangat diperlukan pada saat praktikum mesin listrik maka unjuk kerja yang baik sangat diperuntukan untuk unit *power supply*. Berikut gambar tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac.

Prinsip Kerja Tegangan tetap 3 fasa 220 Vac Tegangan 3 fasa 380 Volt PLN di hubungkan ke kumparan primer transformator 3 fasa. Tegangan keluaran transformator adalah sebesar 220 Vac, kemudian disambungkan pada terminal tegangan tetap 3 fasa 220 Vac.

Prinsip Kerja Tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac. Tegangan keluaran dari kumparan sekunder transformator 3 fasa dihubungkan pada kumparan primer variabel transformator 3 fasa, kemudian keluaran dari kumparan sekunder variabel transformator 3 fasa 0-220 Vac dihubungkan pada terminal-terminal keluaran yang ada pada *power supply*.

Cara kerja Unit Tegangan PLN 3 phasa 380 V dihubungkan dengan kumparan primer transformator tiga fasa Step Down yang ada di dalam *power supply*. Dari tegangan keluaran adalah 3 fasa 220 Vac. tegangan keluaran tersebut dihubungkan dengan kumparan primer transformator variabel setelah terlebih dahulu melewati MCB. Keluaran tegangan yang dihasilkan dari kumparan sekunder variabel transformator tiga fasa yaitu tegangan 3 fasa 0-220 Vac.

Keluaran tegangan power supply khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac atau tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac disambungkan pada inputan sensor tegangan. Keluaran sensor tegangan adalah tegangan DC maksimal 5 Vdc yag akan diinputkan pada arduino. Pada arduino inputan dari sensor tegangan diolah dengan pemograman yaitu yang nantinya hasil olah data akan dimunculkan pada layar LCD.

METODE

Pembuatan Alat dibuat dengan menggunakan metode rancang bangun, yakni langkah-langkah pengerjaanya yaitu: (1) menggidentifikasi alat dan bahan yang dibutuhkan; (2) perancangan unit; (3) pembuatan alat dan tahap pengujian.

Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Adapun perincian alat dan bahan yang digunakan dalam pengembangan kontruksi listrik arus bolak-balik pada *power supply* dan pembacaan tegangan, dipaparkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

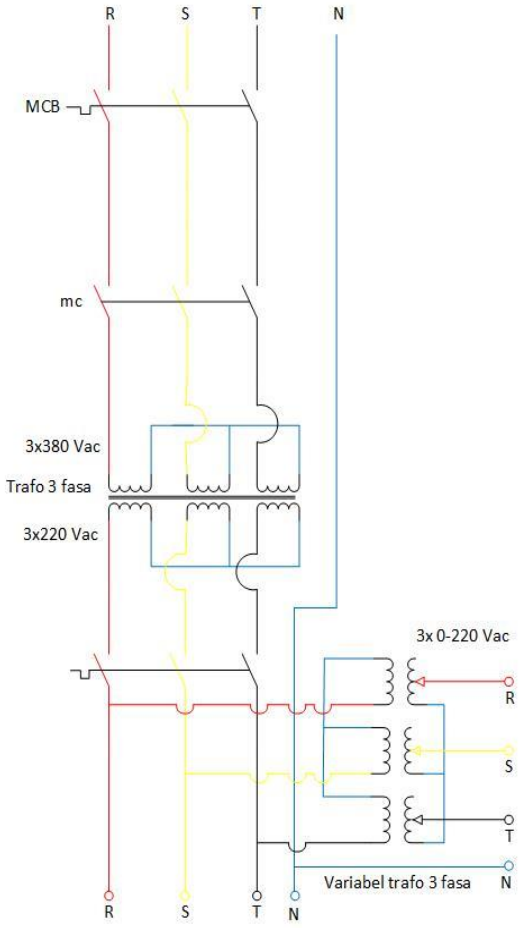
Tabel 1. Daftar Bahan

NO	Bahan	Spesi fikasi	Jumlah
1	Transformator 3 fasa	10 A	1 Buah
2	Variabel Transformator 3 fasa	10 A	1 Buah
3	Magnetik Kontaktor	S – C21	1 Buah
4	MCB 3 fasa	10 A	2 Buah
5	Arduino UNO	Atmega328	1 Buah
6	PCB	Fiber	1 Buah
7	LCD	16x2	1 Buah
8	Sensor Tegangan	ZMPTE	1 Buah
9	Kabel NYAF	NYAF	Secukupnya
10	Pin sisir	-	Secukupnya
11	Terminal Kabel	-	Secukupnya

A. Tahap Perencanaan

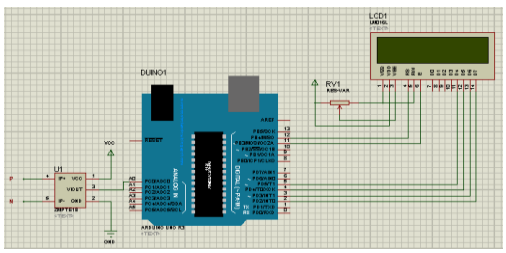
Tahap perencanaan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan Sistem *Power Supply* Tegangan dan Arus Bolak-balik Teroptimasi Voltmeter Digital Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. Proses perancangan rangkaian arus bolak-balik, rangkaian pembacaan tegangan, pembuatan box, memasang komponen, menganalisis dan melakukan uji coba unit.

Perancangan Sistem Arus Bolak-balik Sistem arus bolak-balik berfungsi untuk merubah tegangan yang diperlukan pada praktikum mesin listrik, sebagai contoh tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 0-220 Vac. Prinsip kerja arus bolak-balik yang digunakan adalah menurunkan tegangan dari sumber tegangan PLN 3 fasa 380 V menjadi tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan variabel tegangan 3 fasa 0-220 Vac. Perancangan sistem arus bolak-balik ini menggunakan transformator step down 3 fasa dan variabel tranformator 3 fasa . Berikut ini adalah rangkaian sistem arus bolak-balik yang ditunjukan pada Gambar 5.



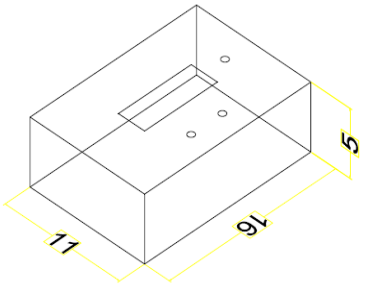
Gambar 5. Perancangan Sistem Arus Bolak-balik.

Perancangan Sistem Pembacaan Tegangan dan Komponen dengan Mikrokontroler. Sistem pembacaan tegangan berfungsi sebagai pembacaan tegangan *output* pada *power supply*. Prinsip kerja sistem pembacaan tegangan adalah *output* tegangan pada *power supply* diturunkan melalui sensor tegangan yang diukur lalu di *inputkan* pada mikrokontoler, lalu pada mikrokontroler data tegangan di olah kemudian ditampilkan pada LCD 16x2. Berikut ini adalah rangkaian sistem pembacaan tegangan.



Gambar 6. Perancangan Sistem Pembacaan Tegangan

Perancangan Desain Box Perencanaan mekanik ini digunakan untuk merencanakan desain box yang akan di gunakan di alat pembacaan tegangan. Desain box dirancang sesuai yang ditunjukan pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain box

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tujuan pengujian alat Sistem *Power Supply* Tegangan dan Arus Bolak-balik Teroptimasi Volt Meter Digital Mengunakan Mikrokontroler Arduino Uno adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan dan unjuk kerja alat unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac, tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac dan pembacaan tegangan. Pada pengujian unit data yang di ambil meliputi pengujian pembacaan tegangan, tegangan output *power supply*, dan drop tegangan.

Hasil Pengujian. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil pengujian sebagai berikut; Pengujian Alat Pembacaan Tegangan Pengujian alat pembacaan ini dilakukan untuk membandingkan pengukuran antara alat pembacaan tegangan dengan alat ukur lain seperti volt meter atau multi meter. Proses pengujian ini menggunakan tegangan variabel 3 fasa dari 0-220 Vac, diharapkan dapat mengetahui

unjuk kerja alat pembacaan yang akurat. Tabel pengujian ini dapat di lihat pada tebel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan dengan Volt Meter Digital

NO	Pembacaan		Selisih	Persentase kesalahan
	Volt Meter Analaog	Pembacaan Alat		
	(Vac)	(Vac)	(Vac)	(%)
1	0 Volt	0	0	0 %
2	20 Volt	17,78	2,21	11,05 %
3	30 Volt	28,96	1,4	4,66 %
4	40 Volt	38,45	1,55	3,87 %
5	60 Volt	57,88	2,12	3,53 %
6	70 Volt	66,72	3,28	4,6 %
7	80 Volt	81, 45	1,45	1,8 %
8	110 Volt	112,32	2,32	2,1 %
9	160 Volt	163,21	3,21	2,6 %
10	180 Volt	182,65	2,65	1,47 %

Jumlah persentase kesalahan =

0 + 5 + 11,05 + 4,66 + 3,87 + 3,53 + 4,56 + 1,8 + 2,06 + 1,47 = 34,73 %

Rata-rata kesalahan =

Jmlh % Kesalahan / frekuensi data pengukuran

= 34,73 / 10

= 3,47 %

Dari pengujian pembacaan tegangan melalui sensor tegangan dengan alat ukur volt meter analog didapatkan rata-rata selisih sebesar 3,47 %.

Tabel 3. Pengujian Sistem Tegangan Arus Bolak-balik 3 fasa 220 Volt

NO	Fasa	Pengukuran	
		Volt Analog	Volt Digital
1	R-N	127	122,73
2	S-N	127	123,65
3	T-N	127	123,86
4	R-S	220	222,18
5	R-T	220	221,45
6	S-T	220	221,85

Pengujian Sistem Tegangan Bolak-balik. Pengujian sistem tegangan bolak-balik dilakukan untuk mengetahui fungsi kerja sistem dimana keluaran sistem tegangan arus bolak-balik adalah 2 sumber yaitu: (1) tegangan tetap 3 fasa 220 Vac; (2) tegangan variabel 0-220 Vac. Proses pengujian yaitu mengukur tegangan bolak-balik pada keluaran *power supply*. Tabel pengujian sistem tegangan arus bolak-balik ini dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sistem Tegangan AC Variabel 3 fasa 0-220 Volt

NO	Fasa	Posisi Rotari			
		Min		Max	
		Volt Analog	Pembacaan alat (Vac)	Volt Analog	Pembacaan alat (Vac)
1	R-N	0	0. 00	127	121,47
2	S-N	0	0. 00	127	122,67
3	T-N	0	0. 00	127	122,56
4	R-S	0	0. 00	220	224,32
5	R-T	0	0. 00	220	223,76
6	S-T	0	0. 00	220	222,56

1. Pengujian *Drop* Tegangan

Pengujian *drop* tegangan dilakukan untuk mengetahui besarnya kerugian tegangan pada unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 0-220 Vac. Percobaan pengujian ini menggunakan bantuan loading resistor sebagai beban. Proses pengujian ini dilakukan dengan membebani tegangan bolak-balik dari setting 0-5 A dan mengukur tegangan setelah dibebani . Tabel

pengujian *drop* tegangan dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Drop* Tegangan Tetap 3 fasa 220 Vac

NO	Pembacaan			*Drop* Tegangan			Persen *Drop* Tegangan
	Arus (A)	V. Analog	Pembacaan Alat (Vac)	Hasil hitung manual (vac)	Hasil baca sensor (Vac)	Persen Kesalahan	
1	1	218	218,53	2	1,57	21,5 %	0,90 %
2	1,5	217	217,37	3	2,63	12,33 %	1,36 %
3	2	216	216,77	4	3,23	9,23 %	1,81 %
4	2,5	215	214,69	5	5,31	-6,2 %	2,27 %
5	3	215	213,79	5	6,21	-24,2 %	2,27 %
6	3,5	215	214,13	5	5,87	-17,4 %	2,27 %
7	4	213	213,57	7	6,43	-8,14 %	3,18 %
8	4,5	213	212,88	7	7,12	-1,71 %	3,18 %
9	5	213	213,79	7	6,21	11,28 %	3,18 %
Rata-rata							2,26 %

Jumlah persentase *drop* tegangan= 0,90 + 1,36 + 1,81 + 2,27 + 2,27 + 2,27 + 3,18 + 3,18 + 3,18 = 20,42 %

Rata-rata *drop* tegangan = jml % *drop* tegangan/frekuensi data

= 20,42 / 9

= 2,26 %

Dari pengujian *drop* tegangan di atas di dapat rata-rata *drop* tegangan dari setting arus 0-5 Ampere sebesar 2,26 %.

Tabel 6. Hasil Pengujian Drop Tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac

NO	Pembacaan			*Drop* Tegangan			Persen *Drop* Tegangan
	Arus (A)	V. Analog	Pembacaan Alat (Vac)	Hasil hitung manual (vac)	Hasil baca sensor (Vac)	Persen Kesalahan	
1	1	217	216,66	3	3,34	11,33 %	1,36 %
2	1,5	217	216,33	3	3,67	-22,33 %	1,36 %
3	2	216	216,11	4	3,89	3,25 %	1,81 %
4	2,5	215	215,27	5	4,73	5,4 %	2,27 %
5	3	214	214,33	6	5,67	5,5 %	2,72 %
6	3,5	214	214,22	6	5,76	4	2,72 %
7	4	212	212,08	8	7,92	-7,92 %	3,63 %
8	4,5	212	211,57	8	8,43	-5,37 %	3,63 %
9	5	211	210,57	9	9,23	-2,55 %	4,09 %
Rata-rata							2,62 %

Jumlah persentase *drop* tegangan =

1,36 + 1,36 + 1,81 + 2,27 + 2,72 + 2,72 + 3,63 + 3,63 + 4,09 = 23,59

Rata-rata *drop* tegangan =

jml % *drop* teg./frekuensi data

= 23,59/9

= 2,62 %

Pada pengujian *drop* tegangan di atas besar tegangan yang diukur adalah tegangan maksimal antar line yaitu 220 Vac. Dari pengujian *drop* tegangan didapatkan rata-rata *drop* tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac dari setting arus 0-5 Ampere sebesar 2,62 %. Pembahasan Pengujian Tujuan pengujian alat Sistem *Power Supply* Tegangan dan Arus Bolak-balik Teroptimasi Volt Meter Digital Mengunakan Mikrokontroler Arduino Uno adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan dan unjuk kerja alat unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac, tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac dan pembacaan tegangan. Pembahasan dari uji alat tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pengujian Alat Pembacaan Tegangan dengan menggunakan mikrokontroler Pengujian alat pembacaan tegangan ini dilakukan untuk mengetahui fungsi kerja alat pembacaan tegangan. proses pengujian unjuk kerja yaitu dengan membandingkan tegangan yang terukur pada alat pembacaan tegangan dengan alat ukur volt meter digital. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, pengujian pembacaan tegangan melalui sensor tegangan dengan alat ukur volt meter analog didapatkan rata-rata selisih sebesar 3,47 %.

Tingkat kesalahan ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu; karateristik sensor dan linearitas sensor tegangan ZMPTE1B yang digunakan penulis mengakibatkan selisih dari hasil pengukuran.

Pengujian Sistem Tegangan Bolak-balik Pengujian sistem tegangan ini untuk mengetahui unjuk kerja unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac. Proses pengujian unjuk kerja yaitu dengan mengukur tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 220 Vac. Di mana hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 tegangan tetap 3 fasa terukur sebesar 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa terukur 0-220 Vac maka setelah pengujian, sisitem tegangan bolak-balik dinyatakan dalam kondisi baik.

Pengujian *Drop* tegangan Pengujian *drop* tegangan dilakukan untuk mengetahui besarnya rugi tegangan pada unit *power supply* khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac. Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5 dan Tabel 6 sebagai berikut;

Pengujian *Drop* Tegangan Tetap 220 Vac Dari hasil pengujian *drop* tegangan tetap 3 fasa 220 Vac di dapat rata-rata *drop* tegangan dari setting arus 0-5 Ampere sebesar 2,26 %, besar *drop* tegangan masih dalam batasan aman dari standard PLN yang memberi standard *drop* tegangan 5%.

Pengujian *Drop* Tegangan Variabel 3 fasa 0-220. Dari hasil pengujian *drop* tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac didapat rata-rata *drop* tegangan dari setting arus 0-5 Ampere sebesar 2,26 %, besar *drop* tegangan masih dalam batasan aman dari standard PLN yang memberi standard *drop* tegangan 5%.

SIMPULAN

Konstruksi unit power supply khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac terdiri atas komponen-komponen utama sistem tegangan bolak balik yaitu; (1) transformator 3 fasa; (2) magnetik kontaktor; (3) variabel transformator 3 fasa; (4) MCB. Komponen-komponen utama power supply dirangkai dalam satu box. Kontruksi alat pembacaan tegangan terdiri dari beberapa komponen utama yaitu; (1) arduino; (2) LCD; (3) sensor tegangan. Komponen-komponen utama alat pembacaan tegangan tersebut dirangkai dalam satu box.

Unjuk kerja unit power supply khususnya tegangan tetap 3 fasa 220 Vac dan tegangan variabel 3 fasa 0-220 Vac, pengukuran tegangan tetap 3 fasa antar line sebesar 220 Vac dan rata-rata *drop* tegangan sebesar 2,26 %. Pengukuran tegangan

variabel 3 fasa antar line sebesar 0-220 Vac dan rata-rata *drop* tegangan sebesar 2,62%.\

DAFTAR RUJUKAN

Depdiknas. (2003). *Undang-undang RI Nomor 20. Tahun 2003. Tentang Sistem Pendidikan Nasional.*

Evans Brian. (2011). *Begining Arduino Programing.* New York: Apress.

Feri Djuandi. (2011). *Pengenalan arduino.* www.tokobuku.com.

Iwan Setiawan. (2009). *Sensor Dan Transduser.* Semarang: Yayasan Penerbitan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

McRoberts, Michael. (2010). *Beginning Arduino.* New York: Apress

Sunyoto. (1993). *Transformator*. Yogyakarta: Institut Keguruan dab Ilmu Pendidikan Yogyakarta.

Universitas Sumatra Utara. Diunduh pada tanggal 17 Juni 2017, dari http://repository.usu.ac.id..

Zuhal & Zhanggischan. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: PT. Gramedia Pusaka Utama

TEKNOLOGI PENGUSIR HAMA LALAT PADA HEWAN TERNAK DENGAN AROMA WANGI DAN SUARA GELOMBANG ULTRASONIK

Ahmad Nur Pantoro[1)], Rochmad Fauzi [2)], Galih Jefry Sagita[3)]
[1)] Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UNY
email: ahmadnurpantoro6@gmail,com
[2)]Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
email : rochmadfz@gmail.com
[3)] Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
email: galihsagita10@gmail.com

ABSTRAK

Hama lalat pada hewan ternak sering diabaikan padahal lalat merupakan sumber penyakit. Lalat merupakan salah satu spesies serangga yang berdampak buruk dalam masalah kesehatan baik hewan ataupun manusia. Lalat menyebabkan penularan penyakit saluran pencernaan, pembasmian lalat dan pengendaliannya relatif sulit dilakukan, penggunaan pestisida banyak berdampak negatif bagi makhluk hidup dan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat pembasmi lalat yang efektif, fleksibel, aman bagi manusia dan lingkungan. Metode pembuatan alat ini menggunakan metode *Trial and Error* dengan langkah-langkah yang terdiri dari: (1) Pembagian tugas tim, (2) Rancang bangun alat, (3) Analisis kebutuhan alat, (4) Pengujian Alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pembasmi lalat dapat bekerja sesuai fungsi. Dengan keefektifan dan keefisienan alat dapat bekerja dalam dimensi ruang 3x3m dan memancarkan ultrasonik dan aroma sesuai fungsi.

Kata kunci : *lalat, hama, pestisida, pembasmi, ultrasonik*

ABSTACT

Pest flies in cattle is often overlooked. The fly is one of the species of insects that harm the health problems either animals or humans. Flies cause the transmission of gastrointestinal diseases, eradication and control flies are relatively difficult to do, the use of pesticides many negative impact on living organisms and the environment. The purpose of this study is to create an effective tool fly repellent, flexible, safe for humans and the environment. The method of making these tools using the method of Trial and Error with steps consisting of: (1) The division of the task team, (2) design of tools, (3) Analysis equipment needs, (4) Testing Tools. The results showed that the exterminator of flies can work according to the function. With effectiveness and efficiency tools can work in a 3x3m room dimensions and emit ultrasonic and aroma according to the function.

***Keywords**: flies, pests, pesticides, exterminator, ultrasonic*

PENDAHULUAN

Lalat adalah serangga yang termasuk dalam ordo diphtera dengan sayap berbentuk membran. Lalat merupakan salah satu spesies serangga yang berdampak buruk dalam masalah kesehatan baik hewan ataupun manusia. Pada manusia, lalat menyebabkan penularan penyakit saluran pencernaan seperti: kolera, typhus, disentri, dan lain lain. Pada hewan ternak seperti sapi, lalat juga merugikan. Jika ada sapi yang terluka, lalat akan senang hinggap dan menginvestasi larva ke dalam luka tersebut. Akibatnya, sapi akan terserang penyakit Myasis. Selama periode tertentu, larva yang telah diinvestasi oleh lalat tersebut akan memakan jaringan hidup atau mati dari daging, bahan-bahan cairan tubuh atau makanan yang ditelan. Akibatnya, sapi akan menampakkan gejala-gejala seperti : lesu, nafsu makan kurang, bobot badan menurun cepat dan selalu gelisah. Jika tidak

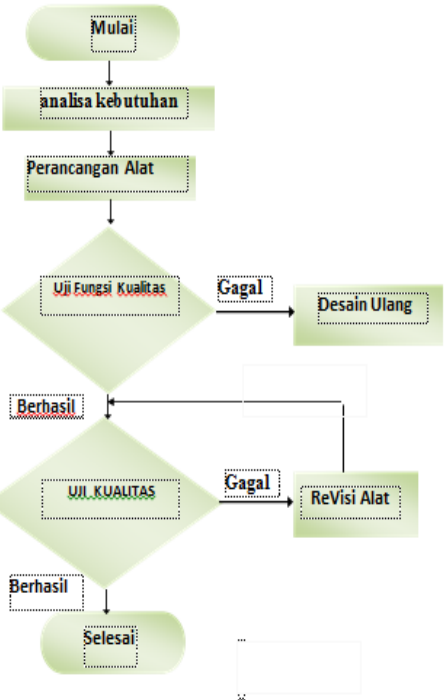
segera ditangani, maka peternak sapi akan mengalami kerugian sebagai akibat myasis ini, yaitu : terjadi malnutrisi, produksi susu dan daging turun, kematian.

Untuk cara mengatasi lalat pada sapi, pengendalian relatif sulit dilakukan. Sanitasi dan kebersihan kandang merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan populasi lalat. Penggunaan insektisida juga merupakan cara digunakan untuk membunuh lalat dengan cara menyemprot kandang dengan Lindane 0,03-0,05%, Toxaphene 0,5%, Metoxychlor 0,05%, Coumaphos 0,125%, Dioxanthion 0,15%, Malation 0,5%, atau Ronnel 0,75 (Hanidhar : 2007). Mengatasi lalat dengan insektisida memiliki beberapa kelemahan, yaitu: harga insektisida relatif mahal, pencemaran lingkungan oleh residu bahan kimia, keracunan pada hewan ternak, menyebabkan kematian dan keracunan pada manusia apa bila tidak memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja. Bahwa pengunanan insektisida secara terus menerus akan mengakibatkan hama lalat pada hewan ternak akan menjadi kebal terhadap insektisida.

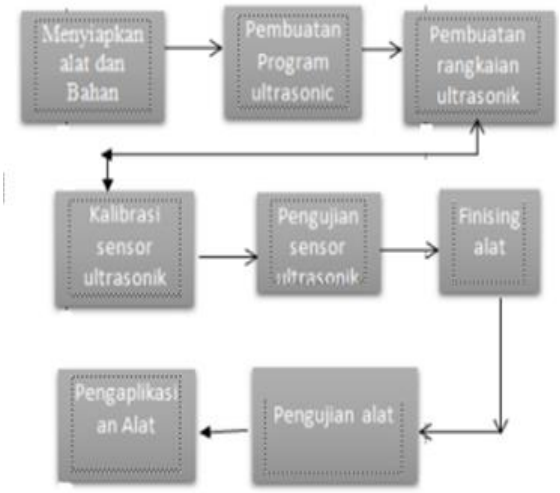
Melalui program ini dihasilkan desain alat pembasmi hama lalat yang efektif, fleksibel serta aman bagi manusia, hewan dan lingkungan, biaya murah, hemat daya listrik serta aman bagi manusia, hewan dan lingkungan. Dengan menerapkan alat ini maka dalam jangka panjang akan bisa meningkatkan produktivitas hasil ternak dan akhirnya bisa meningkatkan kesejahteraan para peternak

METODE

Metode pembuatan alat ini menggunakan metode *Trial and Error* dengan langkah-langkah yang terdiri dari: (1) Pembagian tugas tim, (2) Rancang bangun alat, (3) Analisis kebutuhan alat, (4) Pengujian Alat. Kegiatan dilaksanakan dalam periode waktu 4 bulan kerja Peralatan yang digunakan antara lain: mikrokontroler, UPS, *blower*, sensor ultrasonik, dan *heater*. Gambar 1. menjelaskan flow chart pelaksanaan kegiatan



Gambar 1. Flow Chart Kegiatan

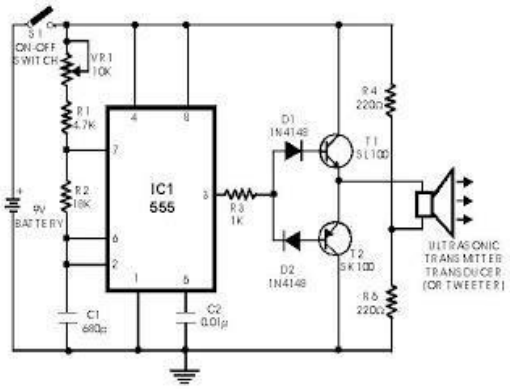


Gambar 2 Alur Pelaksanaan Kegiatan

Desain alat akan menjelaskan cara kerja alat yakni dengan pemancaran gelombang ultrasonik melalui sensor ultrasonik dan penyebaran aroma wangi melalui pemanas yang kemudian diratakan dengan *blower* pada

saat rangkaian dihidupkan, alat ini mempunyai dua sumber daya yaitu melalui suplai PLN dan UPS atau catu daya.

HASIL DAN PEMBAHASAN



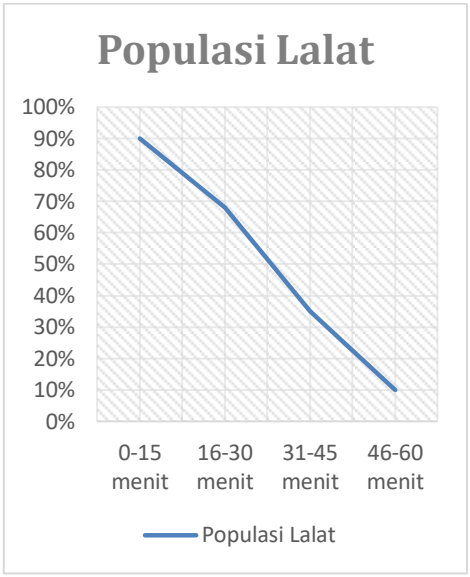
Gambar 3 Gambar Rangkaian Ultrasonic

Hasil penelitian adalah berupa alat pengusir hama lalat pada hewan ternak dengan aroma wangi dan suara gelombang ultrasonic.

Gambar 4. Gambar Prototipe Alat

Hasil Pengujian Alat. Dari hasil pengujian alat pengusir hama lalat yang telat kita lakukan, populasi lalat dapat dikendalikan melalui aroma wangi dari cairan yang panasakan oleh heater yang disebarkan melalui kipas blower dan pemancaran gelombang ultrasonik. Hal ini dapat di lihat melalu tabel sabagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian



Potensi Khusus. Alat ini sangat potensial untuk dikembangkan menjadi pengusir hama lalat yang memiliki kemampuan yang baik, selain itu alat pengusir hama lalat sangt potensial untuk dilakukan kerjasama pengembangan dan implementasi dengan pemerintah dan kerjasama dengan peternak sapi.

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan tentang Alat Pengusir Hama Lalat pada hewan ternak dengan aroma wangi dan suara gelombang ultrasonik yang telah dipaparkan, dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya system pengusir hama lalat ini, apat menguragi lalat yang menempel pada sapi, perawatan alat yang mudah, sehingga dapat mengurangi penyakit yang di akibatkan oleh hama lalat.

DAFTAR RUJUKAN

Arief, Muhamad. 2010. *Pembersih udara*. Jakarta: Universitas Esa Unggul.

Anggodo. 2011. *Merancang Dust Collector*. Jakarta : PT. Dust collector system.

Dominggo M. Sonief A, Pratikto. 2010. Pengaruh Putaran Blower Pada Dust Collector Terhadap Hasil Kapasitas Produksi Semen DI Grinding Plant. *Jurusan Teknik Mesin*. Volume 1 : Halaman 3-4.

FuadahD, Sanjaya M. 2013. Monitoring Dan Kontrol Level Ketinggan Air Dengan Sensor Ultrasonik Berbasir Ardunio. *Jurnal Fisika*. Volume 1 : Halaman 2-5.

Siahaan A, Mujahidin M, Nusyirwan D. 2010. Implementasi Panel Surya Yang Diterapkan Pada Daerah Terpencil di Rumah Tinggal di Desa Sibuntuon Kecamatan Habinsaran. *Jurusan Teknik Elektro*. Halaman 2-10.

Tarumingkeng, R.C. (1992). *Insektisida : sifat, mekanisme, kerja dan dampak pengunannya*. Jakarta : Universitas Kristen Krida Wacana.

Wicaksono S, Setyo C ,Widyantara H, Christian M. 2014. Rancang Bangun Mesin Pengurang Kadar Air Ampas Tahu Dengan Pengendali Motor 3 Fase. *Jornal of Control andNetwork Systems*. Volume 3 : Halaman 61.

ANALISIS EFISIENSI GENERATOR LISTRIK TENAGA GAS PADA PEMBANGKITAN I TELLO PT. PLN (PERSERO) WILAYAH SULAWESI SELATAN

Rizalulhaq
Mahasiswa Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: rizalulhaq75@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan yang meliputi daya masukan (P in), daya keluaran (P out), rugi mekanikal maupun rugi elektrikal. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif

Berdasarkan hasil analisis perhitungan efisiensi generator maka apabila semakin tinggi beban pemakaian listrik maka semakin rendah efisiensi generatornya dan jika efisiensi generator rendah maka daya keluaran (P_{out}) yang dihasilkan generator rendah dan sebaliknya, hal ini dipengaruhi oleh rugi-rugi tembaga pada generator apabila besar rugi-rugi tembaga maka daya keluaran dari generator akan semakin kecil dan apabila rugi-rugi tembaganya kecil maka daya keluaran dari generator akan semakin besar.

Kata Kunci: Efisiensi Listrik, Generator, Tenaga Gas

ABSTRACT

This study aims to determine the efficiency of generators at Gas Power Plant (PLTG) Generator Unit I Tello PT. PLN (Persero) South Sulawesi region that includes input power (P in), output power (P out), mechanical losses and electrical losses. The type of this research is quantitative descriptive research

Based on the results of calculation analysis of generator efficiency, if the higher the power consumption load, the lower the efficiency of the generator and if the generator efficiency is low then the output power (P_out) generated by the generator is low and vice versa, it is influenced by the losses of copper in the generator if the losses of copper then the output power of the generator will be smaller and if the losses of copper is small then the output power of the generator will be greater.

***Keywords**: Electricity Efficiency, Generator, Gas Power*

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan yang diperlukan seiring dengan perkembangan industri adalah kebutuhan akan listrik. Kebutuhan akan listrik merupakan fenomena yang harus disikapi dan ditindak lanjuti oleh pemerintah dewasa ini karena listrik merupakan kebutuhan primer, bahkan sudah menjadi bagian yang paling penting dalam setiap aspek kehidupan.

Demi mengantisipasi kebutuhan masyarakat akan listrik, maka pemerintah membangun pembangkit listrik yang menggunakan sumber alam sebagai fluida kerjanya (gas alam, minyak bumi, batubara, air) seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG). Pembangkit ini dimaksudkan untuk menyediakan kebutuhan listrik. Jenis-jenis pembangkit tersebut digerakkan berdasarkan penggerak mula (*primemover*) dari generatornya.

Listrik seperti diketahui adalah bentuk energi sekunder yang paling praktis digunakan oleh manusia, pada dasarnya listrik dihasilkan dari proses konversi dari bahan baku seperti batu bara, minyak bumi,

gas, panas bumi, potensial air dan angin. Sistem pembangkitan listrik, umumnya digunakan adalah mesin generator AC/Bolak-Balik, yang digerakan oleh mesin-mesin utama, seperti: mesin turbin, mesin diesel atau mesin baling-baling. Dalam pengoperasian generator, sering terjadi fluktuasi akibat beban yang berubah, sehingga umumnya disediakan dua atau lebih generator untuk dioperasikan.

Generator adalah konverter yang digunakan untuk mengubah energi – energi kimia atau kinetik menjadi energi listrik pada sebuah pembangkit listrik. Generator memiliki peranan serta fungsi yang sangat penting dalam kelangsungan proses kinerja sebuah pembangkit listrik. Kemampuan generator untuk mengkonversi suatu energi menjadi sebuah energi listrik yang sangat bermanfaat, ditunjang pula oleh suatu perangkat dan *controlling* lainnya. Dimana perangkat dan *controlling* tersebut berpengaruh terhadap kemampuan optimal sebuah generator dalam menjalankan fungsinya yang berperan untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik di lingkungan perusahaan industri dengan menggunakan generator sebagai alat konverternya.

Kebutuhan akan listrik semakin lama semakin meningkat sejalan dengan perkembangan kemajuan industri dan semakin bertambahnya beban karena populasi manusia semakin bertambah. Semakin meningkatnya kebutuhan listrik masyarakat khususnya di Kota Makassar dan sekitarnya, maka pemerintah dalam hal ini PLN membangun Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Alsthom Unit I pada tahun 1983 dengan daya yang terpasang 14,46 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Alsthom merupakan salah satu pembangkit pada Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan yang telah beroperasi lebih dari 30 tahun, karena sudah tergolong tua otomatis kinerja peralatan seperti generator pada pembangkit listrik tidak sama seperti awal pembangunannya. Oleh karena itu, kualitas dari generator sebagai penghasil energi listrik tersebut juga harus diperhatikan, terutama efisiensinya.

Tahun 1997 dibangun 2 Unit PLTG GE Tello PT PLN (Persero) dengan daya 2 x 45,4 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Gas General Electric terdiri dari dua unit yaitu GE Unit 1 dan GE Unit 2. Mesin PLTG dikopel langsung dengan generator sinkron 3 phasa berkutub dua salient. Daya output generator sinkron adalah 2 × 45,4 MVA, tegangan 11,5 kV. Titik bintang generator dihubungkan ke sistem pentanahan neutral resistance. Daya output generator tersebut dihubungkan dengan kabel berisolasi ke switchgear 11,5 kV yang terdiri dari CB generator dan trafo pemakaian sendiri.

Generator arus bolak-balik seperti halnya generator arus searah berfungsi menghasilkan energi listrik dengan arus dan tegangannya adalah bolak-balik. Pada generator arus bolak-balik ini tidak terdapat sikat dan komutator seperti pada generator arus searah yang berfungsi sebagai penyearah, tapi dengan menempatkan sepasang cincin kolektor pada poros dan menghubungkan ke titik yang tepat pada belitan jangkar maka akan diperoleh tegangan dan arus bolak-balik.

Generator arus bolak-balik jangkarnya sebagai stator tidak bergerak sedangkan sebagai rotor adalah kutub-kutubnya. Atas dasar alasan ekonomis atau keperluan khusus saja generator arus searah dibuat, sedangkan untuk kapasitas daya yang besar lebih menguntungkan generator arus bolak-balik tiga fasa daripada satu fasa. Bagian utama generator sinkron adalah juga terdiri dari rotor dan stator. Maka, sebuah mesin dengan satu pasangan kutub p = 1, mempunyai 3.000 putaran per menit, bila frekuensi f = 50 Hz. Bila frekuensi f = 60 Hz, maka n = 3600 putaran per menit. Untuk pasangan kutub p = 2, putaran menjadi 1.500 per menit untuk f = 50 Hz dan 1.800 per menit untuk f = 60 Hz. Dan seterusnya. (Abdul Kadir. 1983: 29)

Banyak penyediaan listrik terdiri atas sistem tiga fasa, dan terdapat tiga pasangan elektromagnet yang terpisah serta tiga set kumparan yang juga terpisah. Antara masing-masing fasa terdapat selisih 120 derajat listrik antara arus listrik ketiga fasa. Ketiga fasa itu biasanya ditandai u-v-w, atau juga r-s-t, dan dapat diatur menurut hubungan delta atau hubungan bintang. Tegangan antar dua fasa adalah V. Khususnya pada hubungan bintang, terdapat titik bintang yang diberi tanda O. Tegangan antar fasa dan titik bintang adalah $V/\sqrt{3}$. (Abdul Kadir, 2010: 95)

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimanakah efisiensi generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan yang meliputi daya masukan (P in), daya keluaran (P out), rugi mekanikal dan rugi elektrikal?. Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu untuk mengetahui efisiensi generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan yang meliputi daya masukan (P in), daya keluaran (P out), rugi mekanikal maupun rugi elektrikal. Manfaat dari penelitian ini sebagai bahan masukan bagi pihak Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) pada Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan yang merupakan suatu kontribusi pemikiran dalam rangka mengidentifikasi ketepatan kerja dari generator PLTG Tello PT.PLN Persero.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu penelitian berdasarkan jumlah atau banyaknya data yang memuat angka-angka dengan langkah menganalisis efisiensi generator. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan teknik Observasi dilakukan penelitian secara langsung terhadap objek penelitian, Studi literatur maupun wawancara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi pada generator Unit Pembangkitan I Tello dibagi dalam 2 bagian yaitu GE Unit I dan GE Unit II. GE Unit I dan II beroperasi 2 kali dalam tahun 2015. Dalam menentukan efisiensi pada generator listrik perlu diperhatikan rugi-rugi yang dialami generator sewaktu bekerja karena rugi-rugi ini akan menentukan tinggi rendahnya efisiensi dari generator tersebut. Rugi-rugi tetap yang dimiliki mesin yaitu rugi inti sebesar 2,5 % dari daya yang terpasang atau sebesar 1,135 MW serta rugi gesekan dan angin sebesar 2 % dari daya yang terpasang atau sebesar 0,908 MW.

A. Data Hasil Penelitian dan Perhitungan

1. General Electric (GE) Unit I

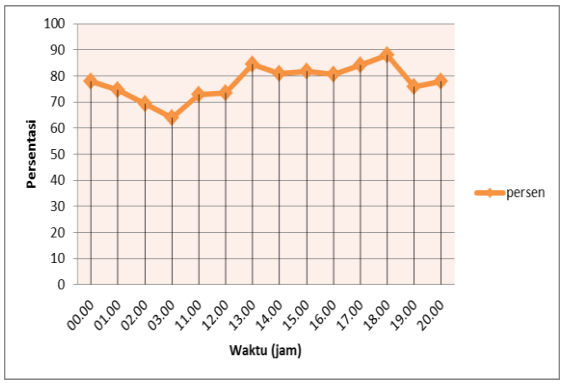
Data yang diperoleh pada generator pembangkit PLTG Tello Unit Pembangkitan I (GE Unit I) dengan daya 45,4 MW dan faktor dayanya 0,8 maka bahwa secara teknis generator pembangkit tersebut hanya mampu menghasilkan daya semu sampai sebesar 56,75 MVA. Efisiensi generator berbeda setiap jamnya karena dipengaruhi oleh tegangan jangkar, arus jangkar, tahanan jangkar, rugi tembaga dan daya outputnya sehingga bervariasi dari 64,04 % sampai 88,06 % seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Hitung GE Unit I

No	Hari/ Tanggal Beroperasi	Jam	Arus Stator (kA)	Teg (kV)	Tahanan Jangkar (Ω)	Rugi Tembaga (MW)	Daya Semu (MVA)	Daya Output (MW)	Efisiensi (η)
1.	Rabu, 4 Februari 2015	00.00	0,7	11,4	16,2857	7,9799	50,444	35,37	77,9 %
		01.00	0,8	11,8	14,75	9,44	50,444	33,917	74,7 %
		01.30	0,8	11,8	14,75	9,44	50,444	33,917	
		02.00	1	11,9	11,9	11,9	50,444	31,45	69,27 %
		02.30	1	11,9	11,9	11,9	50,444	31,45	
		03.00	1,2	11,9	9,916	14,279	50,444	29,078	64,04 %
		11.00	0,93	11	11,827	10,339	54,963	33,018	72,72 %
		12.00	0,913	11	12,048	10,04	51,473	33,317	73,38 %
		13.00	0,426	11,92	27,98	5,077	49,347	38,28	84,31 %
		14.00	0,563	11,85	21,04	6,669	51,59	36,68	80,79 %
		15.00	0,53	11,86	22,37	6,283	52,79	37,074	81,66 %
		16.00	0,566	11,85	20,936	6,7	53,411	36,65	80,72 %
		17.00	0,453	11,29	24,92	5,11	48,297	38,247	84,24 %
		18.00	0,296	11,39	38,47	3,37	48,817	39,98	88,06 %
		19.00	0,79	11,3	14,3	8,92	48,81	34,437	75,85 %
		20.00	0,703	11,3	16,07	7,94	49,34	35,417	78,01 %
2.	Selasa, 26 Mei 2015	00.00	0,759	11,5	15,15	8,72	52,18	34,237	75,41 %
		00.30	0,759	11,5	15,15	8,72	52,18	34,237	
		01.00	0,8	11,6	14,5	9,28	50,44	34,077	75,05 %
		01.30	0,779	11,5	14,76	8,95	51,636	34,4	75,77 %
		02.00	0,8	11,7	14,625	9,36	50,44	33,997	74,88 %
		02.30	0,8	11,7	14,625	9,36	50,44	33,997	
		03.00	0,873	11,8	13,516	10,3	48,817	33,057	72,81 %
		03.30	0,8	11,7	14,625	9,36	49,89	33,997	74,88 %
		04.00	0,793	11,7	14,754	9,19	51,011	34,167	75,25 %
		04.30	0,803	11,6	14,445	9,31	50,44	34,047	74,99 %
		05.00	0,793	11,7	14,754	9,27	49,89	34,087	75,08 %
		05.30	0,793	11,6	14,627	9,19	51,011	34,167	75,25 %
		06.00	0,716	11,3	15,78	8,08	48,817	35,277	77,7 %

Efisiensi generator setiap saat berbeda-beda karena dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain arus stator yang sangat berhubungan erat dengan beban, dimana beban disini yaitu beban induktif, beban resistif dan beban kapasitif, dan disisi lain yaitu tegangan dari generator itu sendiri, tahanan jangkar, maupun rugi-rugi yang

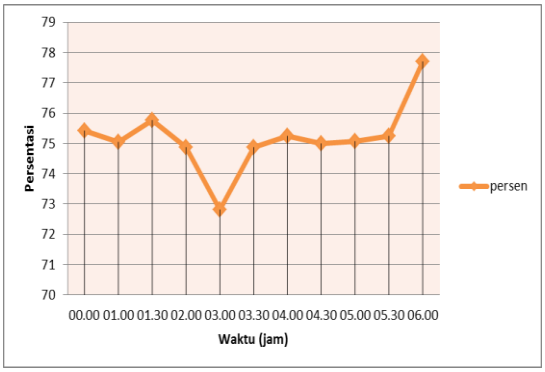
terjadi selama generator bekerja. Pada grafik 1, 2, 3 dan 4 memperlihatkan persentasi kinerja generator selama bulan februari dan bulan mei pada jam tertentu selama pengoperasiannya.



Grafik 1. Persentasi Efisiensi Generator GE Unit I pada tanggal 4 Februari 2015

2. General Electric (GE) Unit II.

Data yang diperoleh pada generator pembangkit PLTG Tello Unit Pembangkitan I (GE Unit II) dengan daya 45,4 MW dan faktor dayanya 0,8 bahwa secara teknis generator pembangkit tersebut hanya mampu menghasilkan daya semu sampai sebesar 56,75 MVA. Efisiensi generator berbeda setiap jamnya karena dipengaruhi oleh tegangan jangkar, arus jangkar, tahanan jangkar, rugi tembaga dan daya outputnya sehingga bervariasi dari 59,55 % sampai 85,52 % seperti pada tabel berikut ini.



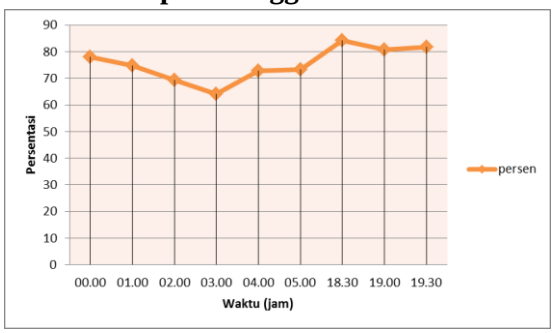
Grafik 2. Persentasi Efisiensi Generator GE Unit I pada tanggal 26 Mei 2015

Tabel 2. Hasil Hitung GE Unit II

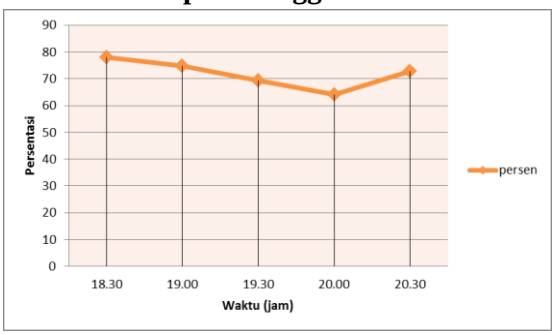
No	Hari/ Tanggal Beroperasi	Jam	Arus Stator (kA)	Teg (kV)	Tahanan Jangkar (Ω)	Rugi Tembaga (MW)	Daya Semu (MVA)	Daya Output (MW)	Efisiensi (η)
1.	Selasa, 3 Februari 2015	23.00	0,713	11,21	15,72	7,99	47,291	35,367	77,9 %
		24.00	0,743	11,21	15,087	8,32	46,804	35,037	77,17 %
2.	Rabu, 4 Februari 2015	00.00	0,733	11,2	15,279	8,2	46,804	35,157	77,43 %
		01.00	0,7	11,8	16,857	8,259	47,789	35,098	77,3 %
		02.00	0,833	11,8	14,165	9,82	47,291	33,53	73,85 %
		02.30	0,833	11,8	14,165	9,82	47,291	33,53	
		03.00	1,366	11,9	8,75	16,32	46,326	27,037	59,55 %
		03.30	1,366	11,9	8,75	16,32	46,326	27,037	
		04.00	0,966	11,8	12,215	11,398	46,804	31,959	70,39 %
		04.30	0,966	11,8	12,215	11,398	46,804	31,959	
		05.00	0,4	11,6	29	4,64	47,789	38,71	85,26 %
		05.30	0,4	11,6	29	4,64	47,789	38,71	
		18.30	0,4	11,3	28,25	4,52	51,59	38,83	85,52 %
		19.00	0,566	11,3	20,32	6,25	48,817	36,85	81,16 %
		19.30	0,433	11,3	26,09	4,89	50,444	38,46	84,71 %

3.	Rabu, 27 Mei 2015	18.30	1,4	11,3	8,07	15,81	47,291	27,547	60,67 %
		19.00	1,066	11,2	10,5	11,93	46,326	31,427	69,22 %
		19.30	0,933	11,3	12,11	10,54	49,347	32,817	72,28 %
		20.00	0,776	11,3	14,75	8,65	48,297	34,7	76,43 %
		20.30	0,666	11,3	16,96	7,52	46,804	35,83	78,92 %

Grafik 3. Persentasi Efisiensi Generator GE Unit II pada tanggal 4 Februari 2015



Grafik 4. Persentasi Efisiensi Generator GE Unit II pada tanggal 27 Mei 2015



Pembangkit Listrik Tenaga Gas General Electric terdiri dari dua unit yaitu GE 1 dan GE 2. Mesin PLTG dikopel langsung dengan generator sinkron 3 phasa berkutub dua salient. Daya output generator sinkron adalah 2 × 45,4 MW, tegangan 11,5 kV. Titik bintang generator dihubungkan ke sistem pentanahan neutral resistance. Daya output generator tersebut dihubungkan dengan kabel berisolasi ke switchgear 11,5 kV yang terdiri dari CB generator dan trafo pemakaian sendiri. Ketika generator listrik beroperasi, secara umum memiliki frekuensi sebesar 50 Hz dan tegangan sebesar 11,5 kV, selama pengoperasian generator, daya yang dihasilkan generator dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$\text{efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ x } 100\%$$

keterangan:

P_{out} = daya keluaran pada terminal alternator (watt)

P_{in} = daya masukan pada rotor alternator (watt)

A. Efisiensi Generator GE Unit I

1. Efisiensi generator pada tanggal 4 februari 2015

Berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan persamaan, maka efisiensi generator mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 64,04 % sampai 88,06 % dengan total keseluruhan efisiensinya sebesar 77,54 %

2. Efisiensi generator pada tanggal 26 Mei 2015

Berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan persamaan, maka efisiensi generator mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 72,81 % sampai 77,7 % dengan total keseluruhan efisiensinya sebesar 75,18 %

Jadi total efisiensi GE Unit I keseluruhan pada tanggal 4 februari dan 26 mei 2015 adalah 76,36 %

B. Efisiensi Generator GE Unit II

1. Efisiensi generator pada tanggal 3 dan 4 februari 2015

Berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan persamaan, maka efisiensi generator mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 59,55 % sampai 85,52 % dengan total

keseluruhan efisiensinya sebesar 77,29 %

2. Efisiensi generator pada tanggal 27 Mei 2015

Berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan persamaan, maka efisiensi generator mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 60,67 % sampai 78,92 % dengan total keseluruhan efisiensinya sebesar 71,5 %

Jadi total efisiensi GE Unit II keseluruhan pada tanggal 3 - 4 februari dan 27 mei 2015 adalah 74,39%. Dengan menggunakan salah satu contoh jam dalam perhitungan efisiensi total sebagai berikut:

Nilai daya keluar (output) dapat ditentukan setelah didapatkan nilai tahanan jangkar sebagai berikut dengan menggunakan persamaan:

$Vt = I_a$ x R_a

$R_a = \frac{Vt}{I_a}$

$= \frac{11{,}4\ kV}{0{,}7\ kA}$

= 16,2857 Ω

Rugi-rugi tembaga dapat digunakan persamaan:

$P_{cu} = {I_a}^2$ x R_a

= 0,7 kA^2 x 16,2857

= 700 x 700 x 16,2857

= 7979993 W

= 7,9799 MW

Daya yang dibangkitkan dapat dicari dengan persamaan:

Daya Semu $= \frac{Daya\ Aktif}{PF}$

$= \frac{45{,}4\ MW}{0{,}9}$

= 50,444 MVA

Daya keluar (output) dengan menggunakan persamaan:

$P_{out} = P_{in}$ - (P_{loss})

$P_{out} = P_{in}$ - $(P_{cu} + P_i + Rugi\ Gesekan\ \&\ Angin)$

= 45,4 – (7,9799 + 1,135 + 0,908)

= 35,37 MW

Maka $efisiensi\ (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ x 100%

$= \frac{35{,}37}{45{,}4}$ x 100%

= 77,9 %

Setelah dihitung semua, maka hasil akhirnya akan berupa:

Efisiensi Total pada tanggal 26 Mei 2015 yaitu:

$$\frac{(75{,}41 + 75{,}05 + 75{,}77 + 74{,}88 + 72{,}81 + 74{,}88 + 75{,}25 + 74{,}99 + 75{,}08 + 75{,}25 + 77{,}7)\ \%}{11}$$

827,07 % / 11 = 75,18 %

Data pada tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa efisiensi generator sangat dipengaruhi oleh arus jangkar, tegangan jangkar, tahanan jangkar, rugi tembaga maupun beban. Arus jangkar dan tahanan jangkarnya sangat mempengaruhi terjadinya rugi tembaga pada generator, karena apabila arus jangkar dan tahanan jangkarnya besar maka rugi tembaga yang terjadi besar dan sebaliknya apabila arus jangkar dan tahanan jangkarnya kecil maka rugi tembaga yang terjadi kecil pula. Rugi daya membesar akan sangat berpengaruh pada daya output generator sehingga efisiensi dari generator untuk menghasilkan daya listrik semakin berkurang. Kemudian disisi lain yang

mempengaruhi tinggi rendahnya efisiensi daripada generator tersebut adalah beban pemakaian listrik, sebab semakin besar beban pemakaian listrik maka semakin kecil efisiensi dari generator itu dan sebaliknya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan efisiensi generator maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1). Semakin tinggi beban pemakaian listrik maka semakin rendah efisiensi generatornya. 2). Efisiensi generator rendah jika daya keluaran (P_out) yang dihasilkan generator rendah dan sebaliknya, hal ini dipengaruhi oleh rugi-rugi tembaga pada generator apabila besar rugi-rugi tembaga maka daya keluaran dari generator akan semakin kecil dan apabila rugi-rugi tembaganya kecil maka daya keluaran dari generator akan semakin besar.

DAFTAR RUJUKAN

Achyanto, Djoko. 1986. Mesin-Mesin Listrik Edisi Ke-Empat. Jakarta: Erlangga.

Archie W Culp Jr. 1996. Prinsip-Prinsip Konversi Energi. Jakarta: Erlangga.

Baslim, Abbas. 1952. Mesin Arus Bolak-Balik. Jakarta: Tehnik H. Stam.

Daryanto. 2002. Pengetahuan Teknik Listrik. Jakarta: Bumi Aksara.

Departemen Pendidikan Nasional. 2005. Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ketiga. Jakarta: Balai Pustaka.

Kadir, Abdul. 2010. Pembangkit Tenaga Listrik. Jakarta : UI Press.

_____ 1983. Mesin Serempak. Jakarta : Djambatan.

_____ 1996. Pembangkit Tenaga Listrik. Jakarta : UI Press.

LPM Penalaran UNM. 2012. Researcher Pengantar Penelitian. Yogyakarta: Pustaka Jingga.

Marsudi, Djiteng. 2011. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta: Erlangga.

Panjaitan, R. 2000. Mesin Listrik Arus Bolak Balik. Bandung: Tarsito

Sulasno. 2009. Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan. Semarang: Graha Ilmu.

Syahrir, dkk. 2015. Pembangkit Listrik Tenaga Uap Jeneponto 2 X 125 MW. Makassar: FT UNM.

Zuhal. 1991. Dasar Tenaga Listrik. Bandung: ITB.

KOMUNIKASI DATA ANTARA VISUAL STUDIO DAN SIMULATOR PLC SIEMENS

Rohjai Badarudin[1], Rustam Asnawi[2]

[1, 2]Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail:[1]rohjai.badarudin2016@student.uny.ac.id, [2]rustam@uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari kajian ini adalah memperkenalkan akses terprogram antarmuka antara visual studio dengan simulator PLC Siemens*(S7-PLCSim)*. Antarmuka komunikasi mengadopsi kontrol objek *COMS7-ProSim*. Dengan menggunakan *S7-Prosim* dapat ditulis kode program aplikasi perangkat lunak berbasis *Microsoft Visual Studio* untuk merubah posisi *input* PLC, membaca *output* PLC, merubah posisi saklar mode kontrol PLC, dan tugas kontroler lainnya. Aplikasi perangkat lunak virtual proses model berbasis visual studio dapat digunakan untuk memvalidasi program PLC secara *real time*. Sehingga validasi program PLC berbasis *virtual lab* sangat mungkin dikembangkan berbasis *Microsoft Visual Studio* dengan antarmuka PLC menggunakan objek *COMS7-ProSim.*

Kata Kunci: *S7-Prosim,Visual Studio, Virtual Lab*

ABSTRACT

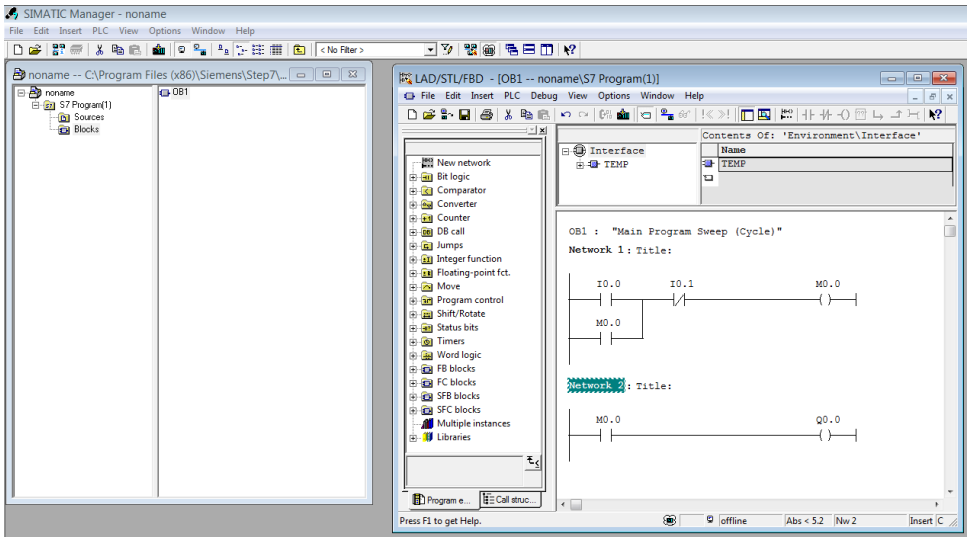
The purpose of this study is to introduce the programmatical interface access between Visual Studio and Siemens PLC simulator (S7-PLCSim). The communication interface adopts the COMS7-ProSim object control. By using S7-Prosim can be written the codes of Microsoft Visual Studio software application program to change the input position of PLCSim, read the output of PLCSim, change the control mode switch position of PLCSim, and other controller tasks. The application software virtual process models-based on Visual Studio can be used to validate PLC programs in real time. So validation of PLC program based on virtual lab is very possible developed based on Microsoft Visual Studio with PLC interface using COM S7-ProSim object.

Keywords:*S7-Prosim, Visual Studio, Virtual Lab*

PENDAHULUAN

Pembelajaran yang terkait dengan pemrograman *programmable logic controller (PLC)*, validasi program yang sederhana dapat dilakukan dengan perangkat modul input berupa tombol tekan dan modul output berupa lampu. Validasi program PLC sederhana juga bisa dilakukan menggunakan piranti *simulation* yang disediakan oleh perangkat lunak pemrograman PLC tanpa terhubung dengan perangkat keras PLC. Beberapa jenis piranti pemrograman PLC telah dilengkapi dengan menu simulasi.

S7-PLCSim merupakan piranti simulator PLC untuk memvalidasi program PLC Siemens tanpa terhubung ke perangkat keras PLC Siemens [1].*S7-PLCSim* menyediakan antarmuka yang sederhana berupa tampilan mode pengoperasian CPU dan variabel kontrol yang bisa dimanipulasi nilainya. Program PLC sederhana mungkin bisa diatasi menggunakan antarmuka *S7-PLCSim,* ada beberapa percobaan pemrograman PLC yang kompleks dimana validasi program menggunakan *S7-PLCSim* tidak lagi memungkinkan. Validasi program dilakukan dengan perangkat keras yang sesungguhnya dan menggunakan perangkat keras *plant* yang serupa sesuai program yang



Gambar 1. *Simatic Manager* dengan Pemrograman *LAD*

dibuat. Kondisi ini membutuhkan bahan yang sangat mahal dan juga menghabiskan banyak ruang [2].

Teknik validasi program PLC dengan simulasi berbasis *virtual plant* semakin berkembang dan menjadi tren terkini. Salah satu kelebihan dari model *virtual plant* yaitu kesederhanaan, kemudahan pemodelan, perubahan model yang mudah, dan mudah dilakukan dengan perangkat lunak lain seperti piranti perangkat lunak PLC dan piranti perangkat lunak simulasi grafis 2D ataupun 3D [3]. Sehingga pengembangan *virtual plant* berbasis desain grafis visual studio dengan kontrol berbasis PLC dapat diwujudkan dengan antarmuka COM objek *S7-Prosim* dan *S7-PLCSim.*

A. Kajian Produk Sebelumnya

Banyak aplikasi perangkat lunak simulasi virtual proses yang telah dikembangkan untuk memvalidasi program PLC. *COSIMIR Transport* [4] telah dikembangkan untuk memvalidasi program PLC untuk sistem transportasi. Virtual *distributing station* telah dikembangkan berbasis visual studio untuk memvalidasi program PLC [5]. Virtual distributing station yang dikembangkan mengacu pada perangkat keras *distributing station* dari Festo®.*Virtual testing station* juga telah dikembangkan untuk memvalidasi program PLC [6]. *Virtual testing station* ini prinsip pengembangannya hampir sama dengan *virtual distributing station*, hanya saja plant yang di jadikan acuan berbeda.

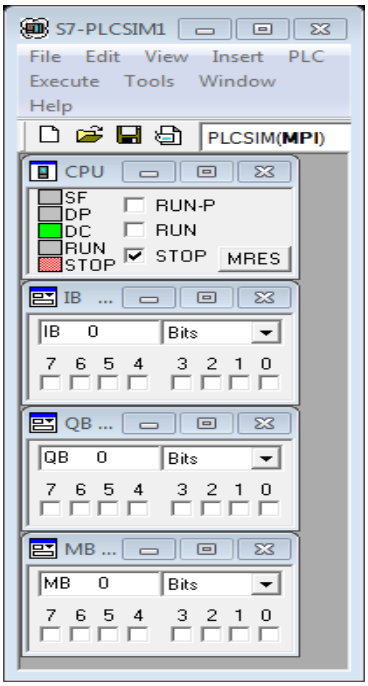
B. Perangkat Lunak yang Digunakan

a. *Simatic Manager*

Simatic manager merupakan piranti perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program dan mentransfer program dari PC ke PLC Siemens. Tipe dari PLC Siemens diantaranya S7-200, S7-300, S7-400, S7-1500. PLC Siemens dapat diprogram dengan lima bahaa pemrograman, yaitu: *statement list (STL), ladder diagram (LAD), function block diagram (FBD), s7-graph* atau *sequential function chart (SFC),* dan *strucured control language (SCL). Lader diagram* merupakan bahasa pemrograman PLC yng secara umum digunakan oleh sebagian besar jenis-jenis PLC. PLC jenis apapun bisa diprogram dengan menguasai satu jenis bahasa pemrograman yaitu *ladder diagram.* Perangkat lunak *Simatic manager* telah dilengkapi dengan modul simulator PLC *(S7-PLCSim)* dalam bentuk perangkat lunak, sehingga bisa dilakukan simulasi validasi program tanpa harus terhubung ke perangkat keras PLC Siemens. Proses simulasi pada modul simulator *S7-PLCSim* sama seperti proses transfer program pada perangkat keras PLC Siemens, meskipun sebuah simulasi pada

perangkat lunak, tetapi sudah merepresentasikan proses yang sesungguhnya.

Simulasi sepenuhnya dijalankan pada perangkat PC atau pemrograman PLC Siemens. *S7-PLCSim* dapat digunakan untuk mensimulasikan program pengguna PLC Siemens yang dikembangkan untuk pengendali S7-300, S7-400, dan WinAC. *S7-PLCSim* menyediakan antarmuka yang sederhana ke program pengguna PLC Siemens untuk memantau dan memodifikasi objek yang berbeda seperti variabel *input* dan *output*.*S7-PLCSim* menyediakan antarmuka untuk desain grafis untuk melihat dan memodifikasi variabel program, menjalankan program *S7-PLCSim* dalam mode pemindaian tunggal atau kontinyu, dan mengubah mode operasi pengendali simulasi. *S7-PLCSim* juga menyertakan objek COM yang disebut *S7-ProSim* yang menyediakan akses terprogram ke *S7-PLCSim*. Dengan *S7-ProSim*, kita dapat menulis kode aplikasi perangkat lunak untuk melakukan tugas seperti mengubah variabel *input* atau *output*, posisi sakelar kunci dari PLC simulasi, menjalankan program kontrol dalam mode singlescan, nilai membaca atau penulisan nilai pengontrol, dan banyak lagi.



Gambar 2. *S7-PLCSim*

b. *Microsoft Visual Studio*

Microsoft Visual Studio merupakan perangkat pengembangan terpadu dari *Microsoft*. *Microsoft Visual Studio* digunakan untuk mengembangkan program komputer untuk *Microsoft Windows*, serta situs web, aplikasi web, layanan web dan aplikasi mobile. *Microsoft Visual Studio* menggunakan *platform* pengembangan perangkat lunak Microsoft seperti *Windows API, Windows Forms, Windows Presentation Foundation, Windows Store dan Microsoft Silverlight* [7]. Dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Visual Studio,* aplikasi grafis yang merepresentasikan sebuah proses kendali berbasis PLC dapat dikembangkan.

S7-ProSim Com Object dapat di tautkan ke dalam pembuatan aplikasi berbasis visual studio menggunakan kode pemrograman tertentu. Aplikasi yang dibuat di visual basic bisa digunakan untuk merubah variabel *input* PLC maupun membaca variabel *output* PLC.*S7-ProSim* digunakan sebagai antarmuka komunikasi dua arah antara aplikasi yang dibuat menggunakan *visual studio* dengan perangkat simulator PLC *S7-PLCSim.*

Microsoft Visual Studio dapat dipergunakan untuk menampilkan berbagai komponen bawaan yang diperlukan, misalnya tombol, tulisan, grafik, gambar dan lain sebagainya. Apabila komponen yang ingin ditampilkan adalah bukan bawaan dari *microsoft visual studio,* maka diperlukan sebuah kontrol *ActiveX* di project yang dikerjakan. Kontrol *activeX* merupakan objek program dari sebuah komponen yang dapat digunakan kembali pada program aplikasi lain.

c. ***Software Animasi***

Pembuatan animasi desain grafis yang merepresentasikan suatu proses kerja sebuah mesin tidaklah mudah. Sebagai contoh animasi dua dimensi maupun tiga dimensi sistem elektropneumatik. Sebenarnya konsep dari gambar bergerak yaitu kumpulan gambar yang berbeda kemudian di tampilkan secara beruntun degan kecepatan tertentu atau yang

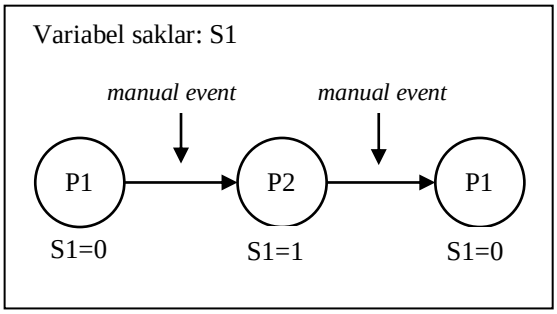
disebut *frame per sekon (fps)*. Hasil akhir dari pembuatan animasi akan diperoleh file dengan ekstensi *swf (small web format)*.

File *swf* dapat berisi animasi dan suara berbasis video dan vektor yang bisa dirancang untuk dimanipulasi nilai variabelnya. Sehingga dengan kontrol *activeX shockwafe flas player*, file *swf* dapat ditampilkan dalam program *microsoft visual studio.*

ANALISIS PEMECAHAN MASALAH

a. Membangun Input dan Output

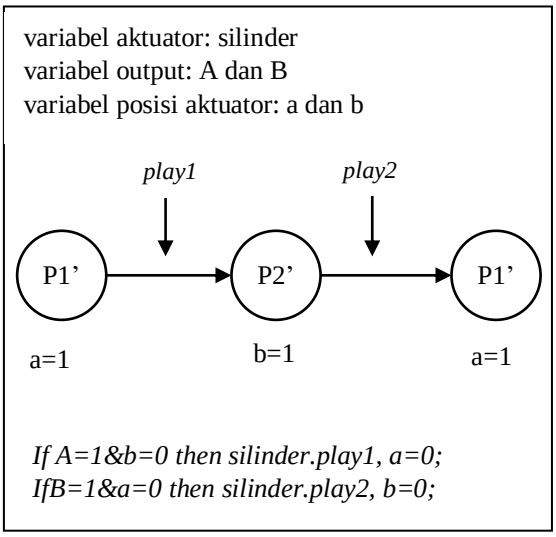
Elemen yang dibangun berbasis perangkat lunak *microsoft visual basic* meliputi saklar, aktuator,sensor, dan *part*. Diagram sederhana model saklar ditunjukkan pada Gambar 3. dengan aksi pengoperasian manual (menggunakan mouse).



Gambar 3. Model Saklar

Saklar berupa variabel yang dapat diubah isi variabelnya, sebagai contoh variabel saklar adalah S1. Posisi awal atau normal sebuah saklaryaitu posisi 1 (P1), variabel S1=0, variabel S1 tetap akan sama dengan nol sampai ada aksi perubahan. Jika aksi perubahan diberikan pada saklar S1, maka posisi perubahan ditunjukkan dengan posisi lain (P2) dengan isi variabel S1=1.

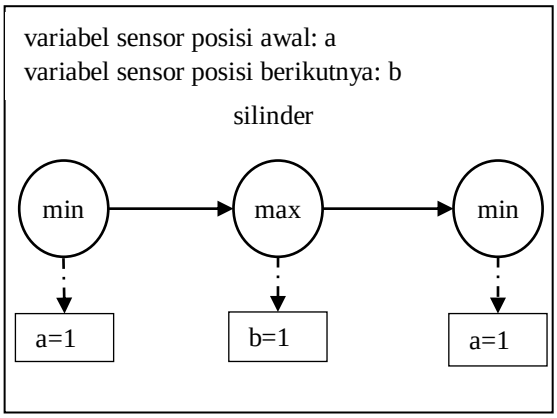
Diagram sederhana model aktuator ditunjukkan pada Gambar 4. dengan aksi perubahan memanggil nama variabel aktuator.



Gambar 4. Model Aktuator

Aktuator berupa klip film yang diberi nama untuk membedakan antara klip film yang satu dengan klip film yang lainnya. Nama klip film berupa variabel agar bisa dipanggil untuk diberikan aksi perubahan.Misalnya sinyal keluaran PLC disimpan pada variabel A dan B. Posisi awal atau normal sebuah aktuator yaitu posisi 1 (P1'), dan posisi akhir aktuator yaitu posisi 2 (P2'). Aksi perubahan dilakukan dengan memanggil dan memutar nama klip film, sehingga nilai variabel A harus dibandingkan dengan variabel posisi aktuator. variabel posisi aktuator untuk membandingkan posisi aktuator terakhir dengan aksi perubahan yang akan diberikan, sehingga tidak terjadi konflik dalam pengkodean program.

Diagram sederhana model sensor ditunjukkan pada Gambar 5. dengan aksi perubahan berupa nilai variabel padapemeriksaan grafis.Dalam kondisi yang sebenarnya, bagian yang dideteksi oleh sensor mampu merasakan cahaya dan sentuhan. Model penginderaan pada perangkat lunak menggunakan pengecekan grafis untuk meniru penginderaan fisik. Keadaan sensor diubah oleh keadaan bagian atau grafis tertentu. Dengan asumsi sebuah sensor memeriksa keadaan suatu bagian, misalnya aktuator berupa silinder.



Gambar 5. Model Sensor

Posisi minimum dan maksimum silinder kerja ganda dideteksi oleh variabel sensor ‘a’ dan ‘b’. Secara grafis, aktuator silinder kerja ganda terdapat dua posisi akhir, yaitu posisi minimum dan posisi maksimum. Nilai variabel ‘a=1’ ketika frame klip film silinder kerja ganda pada posisi minimum, dan nilai variabel ‘a=0’ ketika frame klip film silinder kerja ganda pada posisi selain minimum. Nilai variabel ‘b=1’ ketika frame klip film silinder kerja ganda pada posisi maksimum, dan nilai variabel ‘b=0’ ketika frame klip film silinder kerja ganda pada posisi selain maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

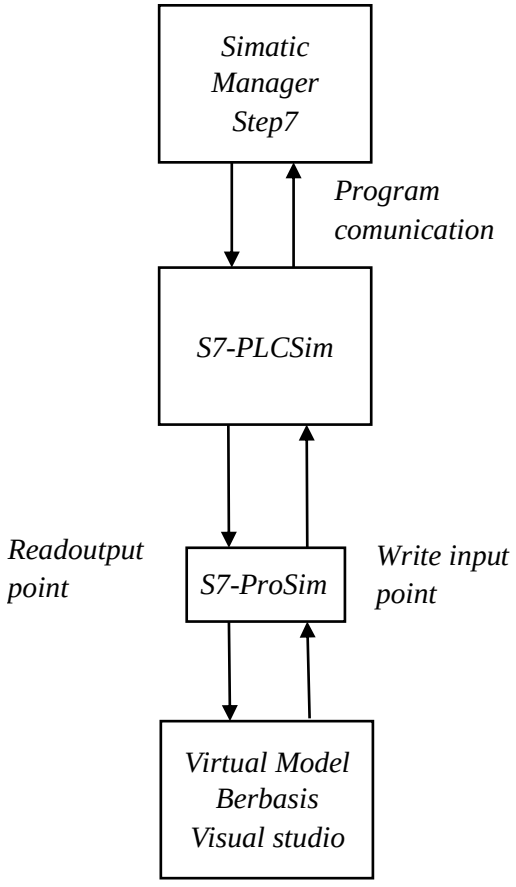
a. Antarmuka PLC

Antarmuka PLC dan virtual model yang dikembangkan menggunakan perintah dari perpustakaan fungsi *S7-Prosim* yang telah dijelaskan di awal. Variabel *input* berupa sensor dan saklar, dikirim ke *S7-PLCSim* dengan perintah *write input point.*[`sub` Write Input Point(ByteIndex as long, BitIndex as long, Data)as long;]. Variabel *output* dari *S7-PLCSim* dibaca nilai keluarannya untuk memanipulasi nilai variabel aktuator pada model dengan perintah [Sub ReadOutputPoint (ByteIndex As Long, BitIndex As Long, DataType As PointDataTypeConstants, pData) As Long;].

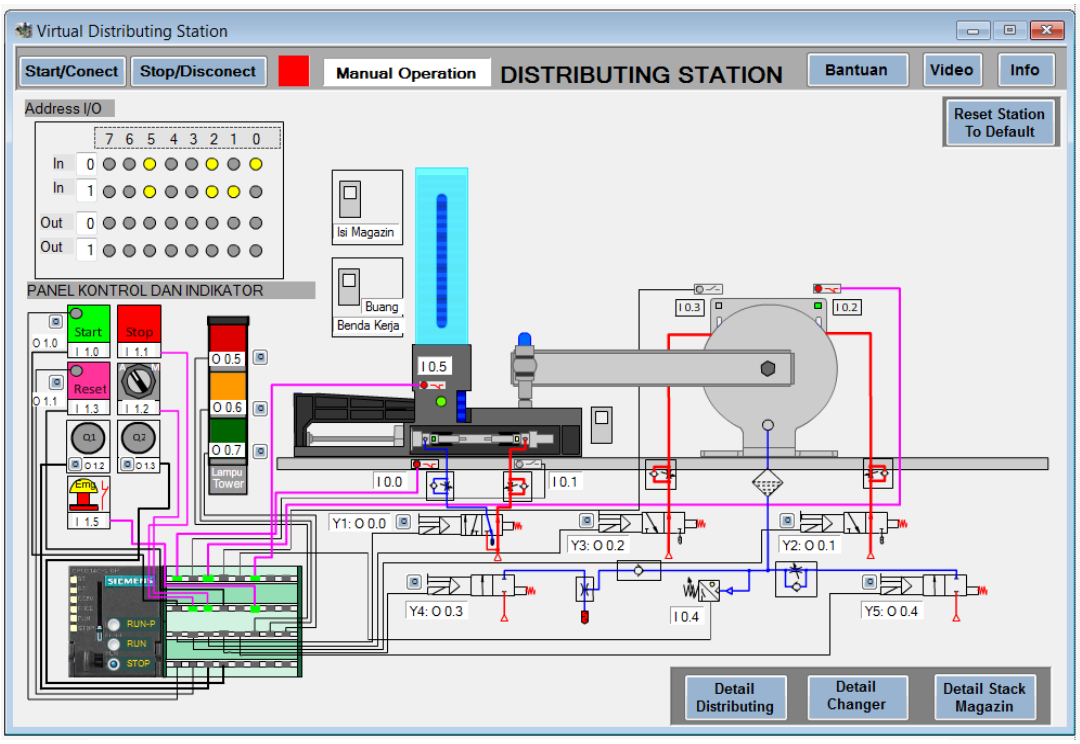
Data yang dikirim ke *S7-PLCSim* selalu diperbaharui ketika ada perubahan nilai variabel dari saklar dan sensor pada virtual model. Pembacaan nilai keluaran dari *S7-PLCSim* juga dilakukan secara berulang-ulang.Interval pebacaan dilakukan secepat mungkin agar respon ketika ada perubahan keluaran dari *S7-PLCSim* bisa segera langsung direspon oleh model.

b. Arsitektur dan implementasi perangkat lunak

Saluran komunikasi program terbentuk antara program *Simatic manager-S7* sebagai alat pemrograman PLC, *S7-PLCSim* sebagai virtual PLC dan virtual model sebagai objek kontrol atau *plant.* Hal ini memungkinkan program pengguna untuk divalidasi dan kesalahan dapat dideteksi. Data terus dipertukarkan antara *S7-PLCSim* dan model karena output program mempengaruhi aktuator pada virtual model, dan saklar atau sensor mempengaruhi *input* program. Gambar 6. di bawah menunjukkan arus data antara PLC dan model.



Gambar 6. Arsitektur Perangkat Lunak



Gambar 7. *Virtual Distributing Station* Berbasis *Microsoft Visual*

Contoh dan ilustrasi. Penggunaan perangkat lunak untuk menggambarkan performa dari sebuah virtual model, dengan mengadopsi sebuah mesin pemindah barang berbasis elektropneumatik yang dikendalikan menggunakan PLC. Terdapat tiga buah aktuator silinder kerja ganda dengan kontrol katup elektropneumatik. Mesin pemindah barang dapat divirtualisasi berbasis *Microsoft Visual Studio* seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

SIMPULAN

Validasi program PLC bisa dilakukan dengan simulasi *real time* antara *S7-PLCSim* dan model virtual berbasis *microsoft visual studio*. Antarmuka komunikasi *S7-PLCSim* dan model virtual berbasis *microsoft visual studio* menggunakan kontrol *S7-ProSim COM object* di *visual studio*. Aplikasi pemrograman menggunakan PLC Siemens dengan *Simatic manager Step-7* sebagai piranti pemrograman. *Virtual laboratory* dengan berbagai jenis model *plant* dapat dikembangkan berbasis *microsoft visual studio* untuk memvalidasi program PLC secara *real time*.

DAFTAR RUJUKAN

Amida, A. (2013). *Programming and testing of storage conveyor in a virtual*.

Damas, M., Pomares, H., Tarifa, J. A., Jiménez Mesa, G., & Roldán Herencia, M. V. (2006). *Virtual laboratory for the supervision and control of scale models of industrial processes. Current Developments in Technology-Assisted Education. Badajoz: Formatex*, 1-342.

Fang, H., & Tang, W. (2012, April). *Research on communication between computer and PLC based on VB*. In Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on (pp. 2795-2797). IEEE.

Hidul, A. (2017). *Pengembangan Virtual Testing Station Untuk Peningkatan Kompetensi Kognitif Pemrograman Plc Kelas Xi Program Keahlian Teknik Mekatronika Smkn 1 Bawang Banjarnegara* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).

https://en.*wikipedia*.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio

Park, C. M., Bajimaya, S. M., Park, S. C., Wang, G. N., Kwak, J. G., & Han, K. H. (2006, November). *Development of virtual simulator for visual validation of PLC program*. In Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, 2006 and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, International Conference on (pp. 32-32). IEEE.

Rohjai, B. (2016). *Pengembangan Virtual Proses Model Distributing Station Berbasis Visual* Basic *Pada Kompetensi Kognitif Merakit Sistem Plc Di* Smkn *2 Depok Sleman* (Doctoral dissertation, UNY).

S7-PLCSIM Version: 5.4, *Operating Manual, Edition 07/2011*.

Wischnewski, R., & Freund, E. (2004, April). *COSIMIR Transport: modeling, simulation and emulation of modular carrier based transport systems*. In *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004 IEEE International Conference on* (Vol. 5, pp. 5171-5176). IEEE.

MENINGKATKAN KOMPETENSI MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN INDUKTIF BERBANTUAN *MOBILE LEARNING MEDIA*

Tina Triasih[1] and Istanto Wahyu Djatmiko[2]
[1]Post Graduate Student in Master Program of Electrical Engineering Education, Yogyakarta State University
tina_triasih.2017@student.uny.ac.id
[2]Electrical Engineering Education Department, Engineering Faculty, Yogyakarta State University
istanto_wj@uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pembelajaran berpikir induktif yang dibantu dengan *mobile learning media* untuk meningkatkan kompetensi pemrograman *input-otput* mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuasi dengan rancangan *non-randomized control-group pre-test-post-test.* Subjek penelitian ini adalah siswa kelas X Program Studi Teknik Mekatronika. Kelas X TM A terdiri dari 32 siswa sebagai kelas eksperimen dan kelas X TM B terdiri dari 34 siswa sebagai kelas kontrol. Data dikumpulkan dengan tes dan observasi. Data dianalisis dengan analisis deskriptif dan analisis u-test. Hasil penelitian ini diketahui bahwa dampak pembelajaran berpikir induktif yang dibantu dengan *mobile learning media* dapat meningkatkan kompetensi pemrograman input-mikrokontroler siswa dalam aspek afektif, kognitif, dan psikomotor dengan Sig.count tes u 0,00 , dan koefisien skor gain 0,85; 0,25; 0,85.

Kata Kunci*:* Efektivitas, Pembelajaran Induktif, Pembelajaran Mobile

ABSTRACT

The objective of this study was to know the effectiveness of inductive thinking learning assisted by mobile learning media to increase the microcontroller input-output programming competencies. This study used quasi experiment method with non-randomized control-group pre-test-post-test design. The subjects of this study were students of grade X of Mechatronic Engineering Study Program. That X TM A grade cocnsist of 32 students as the experiment class and X TM B grade consist of 34 students as control class. Data were collected by tests and observation. Data were analyzed with desscriptive analysis and u-test analysis. The result of this study was known that the impact of inductive thinking learning assisted by mobile learning media can improve student's microcontroller input-output programming competency in the aspect of affective, cognitive, and psychomotor with $Sig._{count}$ *of u-test of 0,00, and the coefficient of gain score of 0,85; 0,25; 0,85.*

Keyword: *Efectivity, Inductive Learning, Mobile Learning*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi saat ini semakin meluas tidak hanya di dunia industri dan elektronik saja. Tekonologi otomasi banyak digunakan pada bidang kesehatan, transportasi, pertahanan dan keamanan, perdagangan, pariwisata dan bidang-bidang lainnya dan akan terus berkembang seiring dengan kemajuan zaman. Otomasisasi juga mulai menjadi gaya hidup di masyarakat. Masyarakat mulai akrab dengan alat-alat yang bersifat otomatis seperti kendali ketinggian air, mainan anak-anak, pendingin ruangan, lampu otomatis, mesin cuci, oven dan peralatan lainnya. Masyarakat memanfaatkan teknologi otomasi untuk mempermudah aktivitas mereka sehingga aktivitas masyarakat menjadi lebih efektif dan efisien.

Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam kendali otomatis adalah mikrokontroler. Mikrokontroler banyak digunakan karena bentuknya yang kecil dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan penggunanya. Pont (2008) berpendapat bahwa mikrokontroler banyak digunakan dalam

beberapa aplikasi bukan karena pengolahan yang kompleks, melainkan karena mikrokontroler itu fleksibel dan, yang paling penting adalah dapat menghemat biaya. Selain itu mikrokontroler banyak beredar di pasaran sehingga mudah untuk mendapatkannya.

Sesuai dengan namanya mikrokontroler merupakan perangkat kendali yang berukuran kecil. Ibrahim (2008) menyatakan bahwa "A microcontroller is a single-chip computer. Micro suggests that the device is small, and controller suggests that it is used in control applications. Another term for microcontroller is embedded controller, since most of the microcontrollers are built into (or embedded in) the devices they control". Senada dengan Ibrahim, Alciatar & Michael (2007) mendefinisikan mikrokontroler sebagai suatu IC tunggal yang memuat mikroprosesor, memori, kemampuan input-output, dan sumber daya lainnya. Sistem di dalam mikrokontroler dapat dibuat sederhana atau rumit sesuai dengan keinginan perancang. Berdasarkan pendapat tersebut dapat dikatakan bahwa mikrokontroler memiliki potensi untuk dikembangkan lagi dalam berbagai sistem dalam kehidupan manusia.

Terdapat banyak jenis mikrokontroler yang ada di pasaran, salah satunya adalah mikrokontroler keluarga Atmel AVR. Mikrokontroler produk dari Atmel AVR banyak dipelajari di dalam dunia pendidikan karena Atmel AVR dapat diprogram menggunakan bahasa C yang strukturnya mudah untuk dipelajari dan dipahami oleh pengguna. Selain itu produk mikrokontroler Atmel AVR banyak tersedia di pasaran sehingga mudah didapatkan.

Pemrograman mikrokontroler dipelajari oleh siswa program keahlian Teknik Mekatronika di kelas I. Kompetensi dasar yang paling mendasar dalam mata pelajaran ini adalah menerapkan pemrograman input-output. Kompetensi ini diajarkan pada awal semester 1. Indikator dari kompetensi ini adalah siswa mampu memahami pemrograman input-output.

Kompetensi pemrograman input-output sangat penting untuk dikuasai siswa karena kompetensi ini merupakan kompetensi yang sangat mendasar yang akan terus digunakan oleh siswa selama melakukan pemrograman mikrokontroler. Kompetensi selanjutnya merupakan kompetensi pengembangan dari kompetensi ini. Ibrahim (2008) menyatakan bahwa microcontroller is a powerfull tool that allows a designer to create a sophisticated input-output data manipulation. inti dari pendapat tersebut adalah "to create a sophisticated input-output data manipulation under program control". Berdasarkan pendapat tersebut dapat diketahui bahwa inti dari pemrograman mikrokontroler adalah pada manipulasi input-output mikrokontroler. Oleh karena itu, siswa sangat perlu menguasai kompetensi pemrograman input-output mikrokontroler untuk dapat mempelajari kompetensi selanjutnya.

Materi pemrograman input-output terdiri dari konfigurasi input-output mikrokontroler, pengaturan PORT, tipe rangkaian, dan instruksi program input-output. Materi tersebut diterapkan pada pemrograman mikrokontroler keluarga Atmel AVR yaitu AtMega 8535, AtMega 32, dan AtMega 16. Dalam kompetensi ini terdapat dua konsep utama yaitu konsep active high dan active low serta konsep pull up dan toggle. Konsep active high dan konsep active low merupakan konsep tentang prinsip kerja output mikrokontroler. Konsep pull up dan toggle merupakan konsep tentang prinsip input mikrokontroler. Konsep tersebut harus disampaikan dengan jelas dan dipastikan dapat diterima oleh siswa dengan benar, jangan sampai ada salah konsep pada siswa. Kesalahan konsep yang diterima oleh siswa akan membuat siswa bingung dan gagal memahami kompetensi ini, yang akan menyulitkan siswa pada kompetensi-kompetensi selanjutnya.

Penggunaan model pembelajaran yang tepat akan membantu siswa dalam mempelajari suatu konsep. Banyak model pembelajaran yang dapat digunakan untuk

mengajarkan konsep kepada siswa, yang terpenting dalam pemilihannya adalah model pembelajaran tersebut harus sesuai dengan materi yang akan diajarkan dan sesuai dengan karakteristik belajar siswa. Tidak semua model pembelajaran sesuai atau dapat diterapkan dalam semua materi pelajaran dan tidak semua model pembelajaran cocok dengan karakteristik belajar siswa.

Salah satu model pembelajaran yang cocok untuk pembelajaran konsep dan dapat mengakomodasi semua karakterirtik belajar siswa adalah model pembelajaran berpikir induktif. Model pembelajaran tersebut termasuk dalam jenis model pengolahan informasi. Euis dan Donni (2014: 255) menyatakan bahwa kelompok model pengolahan informasi merupakan kelompok model pembelajaran yang menitikberatkan kepada kompetensi-kompetensi pengolahan informasi untuk meningkatkan kapabilitas siswa. Melalui model pembelajaran pengolahan informasi siswa diajak untuk memperoleh dan mengolah data, menganalisis masalah dan menghasilkan solusi-solusi serta menerapkan solusi tersebut.

Model pembelajaran berpikir induktif pernah digunakan oleh Yuga Gautama (2013) dalam penelitiannya yang berjudul Perbandingan Prestasi Belajar Siswa Yang Menggunakan Model Pembelajaran Induktif Dengan Model Pembelajaran Konvensional Dalam Mata Pelajaran Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika. Hasil penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa terdapat peningkatan penguasaan siswa dalam mata pelajaran PKDLE. Model pembelajaran ini juga pernah digunakan oleh Nirma Diniyati (2014) dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berpikir Induktif Terhadap Hasil Belajar Siswa. Hasil penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa (1) hasil belajar kelompok eksperimen dengan menggunakan model pembelajaran berpikir induktif termasuk kedalam klasifikasi sedang, (2) hasil belajar kelompok kontrol dengan menggunakan model pembelajaran mnemonic termasuk kedalam klasifikasi rendah, (3) model pembelajaran berpikir induktif secara signifikan dapat meningkatkan hasil belajar siswa sedangkan model pembelajaran mnemonic tidak secara signifikan dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Model pembelajaran berpikir induktif disebut juga dengan pembelajaran induktif. Pembelajaran tersebut merupakan model pembelajaran yang sangat mendasar. Joyce dkk (2016: 62) meyakini bahwa siswa adalah konseptor alamiah. Setiap siswa sebagai manusia selalu mengorganisasikan informasi, membandingkan, mempertentangkan, membedakan objek, kejadiaan, dan semua hal lainnya. Lingkungan pada pembelajaran induktif disusun untuk memanfaatkan kecenderungan alamiah tersebut. Pada pelaksanaan model pembelajaran induktif siswa diberi tugas meningkatkan efektivitas mereka dalam membentuk dan menggunakan konsep, tugas guru membantu siswa dengan sadar dalam mengembangkan keterampilan untuk menyelesaikan tugas.

Model pembelajaran induktif beranggapan bahwa kemampuan berpikir siswa perlu dikembangkan sesuai dengan kebutuhan berpikir siswa (Euis dan Donni, 2014: 255-256). Model pembelajaran induktif dikaji oleh Hilda Taba sejak tahun 1966. Kajian tersebut mempelajari bagaimana mengajarkan siswa untuk dapat mencari dan menyusun informasi untuk membuat dan menguji hipotesis. Model pembelajaran induktif dikembangkan berdasarkan 3 dalil Hilda Taba yaitu (1) berpikir dapat diajarkan, (2) berpikir merupakan interaksi aktif antara individu dengan data, dan (3) proses berpikir lama kelamaan akan membentuk kaidah berpikir. Berdasarkan ketiga dalil tersebut, dapat dipahami bahwa selama pembelajaran siswa secara aktif melakukan penyelidikan terhadap suatu topik dan membangun konsep mereka sendiri terhadap topik yang dipelajari.

Model pembelajaran induktif merupakan model pembelajaran yang bersifat langsung. Pada pembelajaran ini siswa langsung dihadapkan dengan informasi-

informasi yang memberikan ilustrasi tentang materi yang akan dipelajari. Guru bertugas untuk mengarahkan siswa untuk menemukan pola-pola tertentu yang selanjutnya, digunakan untuk membangun suatu hipotesis. Guru tidak menjelaskan teori maupun konsep melainkan guru mengajak siswa untuk membangun pemahaman mereka terhadap konsep.

Model pembelajaran berpikir induktif dilakukan untuk mengajak siswa belajar melalui sebuah penelitian. Menurut Dell'Olio dan Tony Donk (2007: 53) dalam pembelajaran induktif siswa dilibatkan dengan pertanyaan yang bermakna, yang akan dibahas sendiri secara ilmiah, melalui proses penyelidikan (inquiry), metode ilmiah yang paling umum, siswa menganalis masalah, menghasilkan hipotesis, memilih salah satu diantara hipotesis yang ada, dan kadang-kadang merancang percobaan untuk menguji hipotesis tersebut. Selama proses pengujian hipotesis siswa mencatat hasil penemuan, menganalisa data yang diperoleh, kemudian menghasilkan prinsip-prinsip ilmiah yang akan digunakan oleh siswa untuk bekerja. Setiap proses dalam pembelajaran induktif mengarahkan siswa untuk memahami informasi dan menghasilkan suatu kesimpulan sehingga kemampuan kognitif siswa dapat berkembang.

Model pembelajaran induktif merupakan model pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) serta menjadi lebih optimal dengan adanya perkembangan TIK. Teknologi informasi dan komunikasi menyediakan akses informasi yang tidak terbatas kepada siapapun termasuk guru dan siswa. Menurut Joyce dkk (2016: 77) informasi-informasi dapat diakses melalui web-web yang dianggap sebagai evolusi dari perpustakaan (new great library) dan model pembelajaran induktif adalah kunci utama untuk memanfaatkan perpustakaan tersebut.

Salah satu cara untuk memanfaatkan teknologi informasi dalam pembelajaran adalah dengan menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi informasi. Media pembelajaran berbasis teknologi informasi meningkatkan ketertarikan siswa untuk belajar. Hal tersebut didasarkan pada antusiasme siswa dalam memanfaatkan teknologi informasi. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Kemkominfo dan UNICEF Indonesia selama tahun 2011 dan 2012 pada 43,5 juta anak dan remaja di Indonesia, dijelaskan bahwa 80% dari mereka menggunakan internet untuk mencari data dan informasi, khususnya untuk tugas-tugas sekolah, atau untuk bertemu teman secara online. Data tersebut diperkuat oleh penelitian dari Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2014 bahwa pengguna internet di Indonesia paling banyak yang pendidikannya di tingkat SMU sedarajat. Selain itu, menurut Euis Karwati dan Donni (2014) penerapan teknologi dalam pembelajaran akan memudahkan siswa untuk belajar sesuai dengan karakteristiknya.

Antusiasme siswa terhadap penggunaan teknologi informasi tersalurkan secara baik melalui penggunaan media mobile learning. Kondisi tersebut didasarkan pada data penelitian APJII tahun 2014 bahwa sebagian besar pengguna internet Indonesia yaitu sebanyak 85% mengakses internet dengan menggunakan telepon selular. Menurut Iwan Doumy (2015) memanfaatkan perangkat mobile untuk pendidikan atau dikenal dengan mobile learning sangatlah tepat di era digital saat ini. Mobile learning akan membuat siswa merasa senang dalam belajar, karena mereka memiliki ketertarikan yang besar pada perangkat teknologi informasi. Siswa akan lebih mudah belajar apabila siswa merasa senang dan memiliki ketertarikan terhadap apa yang dia pelajari. Oleh karena itu penggunaan mobile learning dalam pembelajaran sangat diperlukan untuk meningkatkan kompetensi siswa.

Kualitas proses pembelajaran dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan kemudahan yang terdapat pada media mobile learning. Menurut Agus Triarso (2010) mobile learning membawa manfaat ketersediaan

materi ajar yang dapat di akses setiap saat dan visualisasi materi yang menarik. Penggunaan mobile learning bertujuan agar siswa menjadi aktif selama belajar dan siswa dapat belajar sepanjang waktu. Selain itu, melalui mobile learning siswa dapat memiliki akses yang lebih luas seperti mengakses artikel, esai, bahkan kisi-kisi ujian nasional.

Mobile learning merupakan konsep pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi berupa perangkat mobile seperti smartphone, tablet, maupun laptop. Mobile learning dipahami sebagai pembelajaran yang tidak terikat ruang dan waktu atau belajar sepanjang waktu (long life learning). Mobile learning tidak hanya di pahami sebagai penggunaan perangkat mobile phone di dalam kelas melainkan suatu interaksi belajar seseorang melalui perangkat mobile dimanapun dia berada. Menurut Woodill (2011:21) fakta terpenting dalam mobile learning bahwa pelajar itu bergerak dan terhubung selama proses belajarnya.

Mobile learning telah membawa konsep bahwa belajar itu dapat dilakukan oleh siapa saja, kapan saja dan dimana saja. Sumber belajar dapat tersedia dalam berbagai bentuk. Sharpless (2007) dalam Woodill (2011:31) menekankan bahwa muatan terpenting dalam mobile learning dibangun oleh pelajar selama proses interaksi. Pendapat tersebut dapat dijelaskan bahwa keberhasilan pembelajaran melalui mobile learning bergantung pada siswa itu sendiri. Siswa dapat mempelajari hal yang berbeda dengan cara yang berbeda pada topik yang sama.

Munculnya mobile learning merupakan dampak adanya perkembangan teknologi informasi yang berkembang sangat cepat. Menurut Woodill (2011:21) perkembangan mobile learning dalam beberapa dekade terakhir telah banyak terjadi dalam konteks pengajaran mobile di pendidikan tinggi. Pada awal perkembangannya, mobile learning ditekankan pada perangkat mobile itu sendiri, akan tetapi sekarang orientasi pengembangan mobile learning adalah pemahaman siswa yang terhubung terhadap data atau informasi yang relevan ketika mereka bergerak. Menurut Deni Darmawan (2011: 15) mobile learning dikembangkan atas dasar dapat digunakan kapan pun dan dimanapun, cakupannya luas, dapat diintegrasikan dengan sistem yang sudah ada seperti siakad.

Mobile learning sudah pernah digunakan oleh Muhammad Andik Izzuddin (2011) dalam penelitiannya yang berjudul Efektivitas Hasil Belajar Produktif TKJ Melalui Media Mobile learning di SMK Negeri 9 Malang. Hasil dari analisis data pretest dan posttest dijelaskan bahwa interpretasi gain pada kelompok kontrol adalah sedang dengan angka 0,44 sedangkan interpretasi gain pada kelompok eksperimen adalah tinggi dengan angka 0,83. Dari analisis data tersebut dapat disimpulkan bahwa media mobile learning efektif digunakan untuk meningkatkan hasil belajar produktif TKJ siswa SMK N 9 Malang. Windi Wijayanti (2013) juga pernah menerapkan mobile learning dalam penelitiannya yang berjudul Penggunaan Mobile learning Berbasis Web dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Ranah Kognitif pada Mata Pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Kesimpulan hasil penelitian tersebut adalah terdapat peningkatan yang signifikan pada hasil belajar siswa ranah kognitif mata pelajaran TIK antara sebelum dan sesudah penggunaan media mobile learning.

Mobile learning di dalam kelas di pahami sebagai salah satu proses pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) di dalam kelas. Siswa dapat memperoleh materi pembelajaran dengan jumlah yang tidak terbatas melalui internet yang dapat diakses melalui perangkat TIK. Materi yang bervariasi yang dapat diperoleh siswa dapat mengembangkan wawasan dan pengetahuan siswa sehingga siswa dapat meningkatkan kemampuan mereka di dalam kelas. Media mobile learning dapat di kembangkan sebagai media simulasi, sehingga siswa menjadi lebih mudah dalam mempelajari konsep-konsep

yang abstrak. Selain itu, media mobile learning dapat hadir dalam bentuk kuis ataupun game yang menantang siswa untuk mencapai batas kompetensi yang di tentukan.

Kemampuan media mobile learning untuk dikembangkan menjadi berbagai amcam bentuk dapat digunakan untuk mengemas konsep-konsep pada pemrograman input/output mikrokontroler sehingga dapat dipelajari siswa dengan lebih mudah. Konsep-konsep pemrograman input-output mikrokontroler terdiri dari konsep tipe rangkaian output, konsep tipe rangkaian input, konsep pengaturan port, konsep delay dan lain-lain. Media mobile learning dapat digunakan untuk menjelaskan prinsip kerja konsep tersebut dalam suatu simulasi, gambar, gambar animasi maupun video sehingga siswa dapat belajar lebih optimal menggunakan indra pendengaran dan penglihatan mereka.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuasi eksperimen dengan desain penelitian *nonrandomized control-group pretest-posttest design*. Pada desain penelitian tersebut digunakan dua kelompok sampel yang dipilih tidak secara acak melainkan menggunakan kelompok yang sudah ditetapkan oleh sekolah. Kelompok pertama adalah kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan berupa pembelajaran berpikir induktif dengan media *mobile learning* sedangkan kelompok kedua adalah kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan. Penelitian ini dilakukan di SMK N 2 Wonogiri.

Subjek penelitian ini adalah siswa kelas X paket keahlian Teknik Mekatronika di SMK N 2 Wonogiri yang sedang mendapatkan mata pelajaran Teknik Mikroprosesor. Kelompok eksperimen adalah kelas TM A yang terdiri dari 32 siswa dan kelas kontrol adalah kelas TM B yang terdiri dari 34 siswa.

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ada 3 yaitu *test* yang mencakup *pretest* dan *posttest*, observasi, serta angket. *Pretest* digunakan untuk mengetahui pengetahuan awal siswa sedangkan *posttest* digunakan untuk mengetahui hasil belajar siswa setelah mendapatkan perlakuan. Metode yang kedua adalah observasi yang dilakukan oleh observer dengan menggunakan lembar pengamatan sebelum dan setelah siswa mendapatkan perlakuan. Observasi dilakukan untuk mengukur kompetensi aspek afektif dan psikomotor siswa. Metode yang ketiga adalah angket yang diberikan kepada ahli media dan ahli materi untuk menguji kelayakan media pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini.

Validitas instrumen penelitian ini dilakukan melalui pendapat para ahli (expert judgment) dan uji coba ke siswa. Para ahli yang dimaksud adalah empat orang dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Selanjutnya, untuk instrumen tes setelah divalidasi oleh para ahli akan diujicobakan kepada siswa dan dianalisis dengan rumus korelasi point biserial untuk menentukan validitas butir soal.

Reliabilitas instrumen pada penelitian ini diuji dengan menggunakan rumus Alpha Cronbach dengan skor berbentuk alpha. Uji reliabilitas ini hanya dilakukan pada instrumen yang valid berdasarkan hasil uji validitas. Indeks kesukaran soal digunakan untuk mengetahui tingkat kesukaran soal yang digunakan untuk mengukur kompetensi aspek kognitif siswa. Daya pembeda digunakan untuk menguji kemampuan butir soal untuk membedakan siswa yang berkemampuan tinggi dengan siswa yang berkemampuan rendah. Daya pembeda dipresentasikan dalam bentuk indeks diskriminasi yang berkisar antara 0,00 sampai dengan 1.

Analisis data secara deskriptif dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS 23.0 untuk menghitung rerata (*mean*), nilai maksimum (*max*) dan nilai minimum (*min*). Hasil perhitungan tersebut selanjutnya, dianalisis untuk pengkategorian rerata ideal dan simpangan baku ideal. Pengujian

hipotesis penelitian ini menggunakan statistika non parametric berupa uji pair test menggunakan uji *Wilcoxon Match Test* dan uji *Mann-Whitney Test.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran data dan peningkatan kompetensi siswa-siswa yang diakibatkan model pembelajaran ceramah dan model pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning serta mengetahui efektivitas penggunaan model pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning pada kompetensi pemrograman input-output mikrokontroler.

Hasil *pretest* aspek afektif dilakukan pada kelas eksperimen yang berjumlah 32 siswa dan kelas kontrol yang berjumlah 34 siswa. Pada kelas eksperimen diperoleh hasil yaitu: skor terendah 11, skor tertinggi 12, rerata 11,78, dan simpangan baku sebesar 0,42. Selanjutnya, pada kelas kontrol diperoleh hasil yaitu: skor terendah 11, skor tertinggi 12, rerata 11,79, dan simpangan baku sebesar 0,41. *Posttest* aspek afektif dilakukan pada kelas eksperimen yang berjumlah 32 siswa dan kelas kontrol yang berjumlah 34 siswa. Pada kelas eksperimen diperoleh hasil yaitu: skor terendah 22, skor tertinggi 28, rerata 25,59, dan simpangan baku sebesar 1,54. Selanjutnya, pada kelas kontrol diperoleh hasil yaitu: skor terendah 12, skor tertinggi 12, rerata 12, dan simpangan baku sebesar 0.

Hasil analisis data skor pretest afektif diperoleh rerata skor untuk kelas eksperimen sebesar 11,78 dan kelas kontrol sebesar 11,79. Selanjutnya, dari hasil uji Mann-Whitney diperoleh nilai Sig.hitung sebesar 0,89. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pretest afektif kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kompetensi aspek afektif yang sama.

Hasil analisis data skor posttest kompetensi aspek afektif diperoleh rerata skor untuk kelas eksperimen sebesar 25,59 dan kelas kontrol sebesar 12,00. Selanjutnya, dari hasil uji Mann-Whitney diperoleh nilai dignifikan 0,00. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol mengalami peningkatan kompetensi aspek afektif yang berbeda. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara posttest kompetensi aspek afektif kelas eksperimen dan kelas kontrol. Peningkatan kompetensi aspek afektif siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Hal tersebut senada dengan salah satu dalil Hilda Taba (1966) tentang pembelajaran induktif yaitu berpikir merupakan interaksi aktif antara individu dengan data.

Hasil *pretest* aspek kognitif yang dilakukan pada kelas eksperimen yang berjumlah 32 siswa mendapatkan hasil yaitu: skor terendah 0, skor tertinggi 8, rerata 3,09, dan simpangan baku sebesar 2,19. *Pretest* aspek kognitif yang dilakukan pada kelas kontrol yang berjumlah 34 siswa mendapatkan hasil yaitu: skor terendah 0, skor tertinggi 8, rerata 3,06, dan simpangan baku sebesar 1,77. *Posttest* aspek kognitif yang dilakukan pada kelas eksperimen yang berjumlah 32 siswa mendapatkan hasil yaitu: skor terendah 2, skor tertinggi 9, rerata 5,28, dan simpangan baku sebesar 1,99. *Posttest* aspek kognitif yang dilakukan pada kelas kontrol yang berjumlah 34 siswa mendapatkan hasil yaitu: skor terendah 2, skor tertinggi 9, rerata 4,26, dan simpangan baku sebesar 1,86.

Hasil analisis data skor pretest diperoleh rerata skor untuk kelas eksperimen sebesar 3,09 dan kelas kontrol sebesar 3,06. Selanjutnya, dari hasil uji Mann-Whitney diperoleh nilai signifikan 0,89. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pretest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol

memiliki kompetensi aspek kognitif yang sama.

Hasil analisis data skor posttest diperoleh rerata skor untuk kelas eksperimen sebesar 5,28 dan kelas kontrol sebesar 4,26. Selanjutnya, dari hasil uji Mann-Whitney diperoleh nilai dignifikan 0,02. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol mengalami peningkatan kompetensi aspek kognitif yang berbeda.

Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuga Gutama dan Nirma Diniyati bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada peningkatan hasil belajar siswa antara kelas eksperimen yang menggunakan pembelajaran induktif dengan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran ceramah. Selain itu, kondisi tersebut juga senada dengan pendapat Joyce Bruce dkk (2016: 17) bahwa proses-proses induktif merupakan dimensi penting dari kemampuan kognisi dan kognitif.

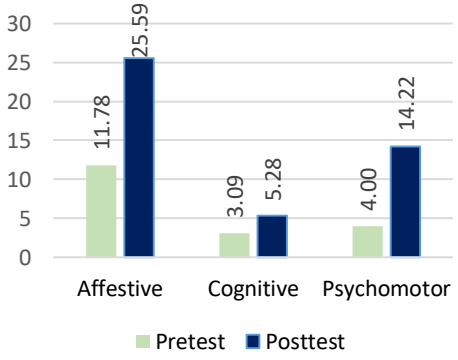
Hasil *pretest* aspek psikomotor pada kelas eksperimen diperoleh hasil yaitu: skor terendah 4, skor tertinggi 4, rerata 4, dan simpangan baku sebesar 0. Selanjutnya, pada kelas kontrol juga diperoleh hasil yang sama, yaitu: skor terendah 4, skor tertinggi 4, rerata 4, dan simpangan baku sebesar 0. *Posttest* aspek psikomotor pada kelas eksperimen diperoleh hasil yaitu: skor terendah 8, skor tertinggi 15, rerata 14,22, dan simpangan baku sebesar 1,69. Selanjutnya, pada kelas kontrol diperoleh hasil yaitu: skor terendah 5, skor tertinggi 8, rerata 6,7, dan simpangan baku sebesar 1,05.

Hasil analisis data skor pretest psikomotor diperoleh rerata skor yang sama antara kelas eksperimen dan kelas kontrol sebesar yaitu 4. Selanjutnya, dari hasil uji Mann-Whitney diperoleh nilai Sig.hitung 1,00. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa tidak terdapat perbedaan antara pretest afektif kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kesimpulan yang dapat diambil dari kondisi tersebut adalah antara kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki kompetensi aspek psikomotor yang sama.

Hasil analisis data skor posttest kompetensi aspek psikomotor diperoleh rerata skor untuk kelas eksperimen sebesar 14,22 dan kelas kontrol sebesar 6,78. Selanjutnya, dari uji Mann-Whitney diperoleh nilai signifikan 0,00. Hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol mengalami peningkatan kompetensi aspek psikomotor yang berbeda.

Peningkatan kompetensi aspek psikomotor siswa kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Kesimpulan tersebut sesuai dengan tujuan pembelajaran induktif yang diungkapkan oleh Hilda Taba dalam Joyce (2016: 18) yaitu mengembangkan keterampilan klasifikasi, membangun dan menguji hipotesis, dan memahami bagaiamana membangun konseptual dari bidang materi.

Hasil dari pretest dan posttest kelas eksperimen pada aspek afektif, kofnitif, dan psikomotor dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pretest dan Posttest Kelas Eksperimen

Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa hasil pretest terendah adalah pretest aspek kognitif, sedangkan hasil pretest tertinggi adalah pretest aspek afektif. Selanjutnya, hasil posttest terendah juga diperoleh dari protest aspek kognitif sedangkan posttest tertinggi juga diperoleh dari posttest aspek

afektif. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa siswa dapat mempelajari aspek afektif dengan baik selama proses pembelajaran.

Perbedaan pretest dan posttest kompetensi siswa baik kognitif, afektif maupun psikomotor di lihat hasil uji-u dua sampel yang berhubungan dengan teknik uji Wilcoxon. Apabila nilai Sig.hitung lebih kecil dari nilai Sig.penelitian maka pretest dan posttest siswa dapat dikatakan berbeda signifikan. Hasil dari uji beda tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. The Result of Pretest and Posttest of Experiment Class

Aspect	Test	Mean	Significant Value		Explanation
			Count	Study	
Affective	*Pretest*	11,78	0,00	0,05	0,00 < 0,05
	Posttest	25,59			
Cognitive	*Pretest*	3,09	0,00	0,05	0,00 < 0,05
	Posttest	5,28			
Psychomotor	*Pretest*	4,00	0,00	0,05	0,00 < 0,05
	Posttest	14,22			

Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa pada kompetensi aspek kognitif rerata skor posttest sebesar 5,28, lebih tinggi dari pada rerata pretest sebesar 3,09, dengan selisih 2,19. Selain itu, nilai Sig.hitung dari uji beda terhadap pretest dan posttest kompetensi aspek kognitif tersebut sebesar 0,00, lebih kecil dari nilai 0,05 sehingga dapat disimpulkan bawha pretest dan posttest kompetensi aspek kognitif siswa kelas eksperimen berbeda secara signifikan.

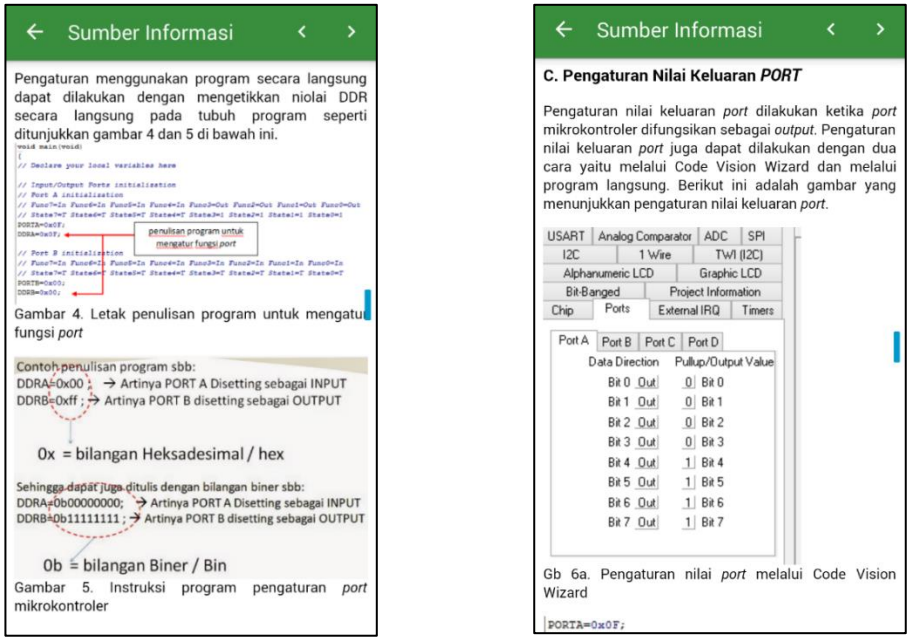
Selanjutnya, pada kompetensi aspek afektif rerata skor posttest sebesar 25,59, lebih tinggi dari pada rerata pretest sebesar 11,78, dengan selisih 16,81. Selain itu, nilai Sig.hitung dari uji beda terhadap pretest dan posttest kompetensi aspek afektif tersebut sebesar 0,00, lebih kecil dari nilai Sig.penelitian 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa pretest dan posttest kompetensi aspek afektif siswa kelas eksperimen berbeda secara signifikan.

Pada kompetensi aspek psikomotor rerata skor posttest sebesar 14,22 lebih tinggi dari pada rerata pretest sebesar 4, dengan selisih 10,22. Selain itu, nilai Sig.hitung dari uji peningkatan pretest dan posttest kompetensi aspek psikomotor tersebut sebesar 0,00, lebih kecil dari nilai 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa pretest dan posttest kompetensi aspek psikomotor siswa kelas eksperimen berbeda secara signifikan.

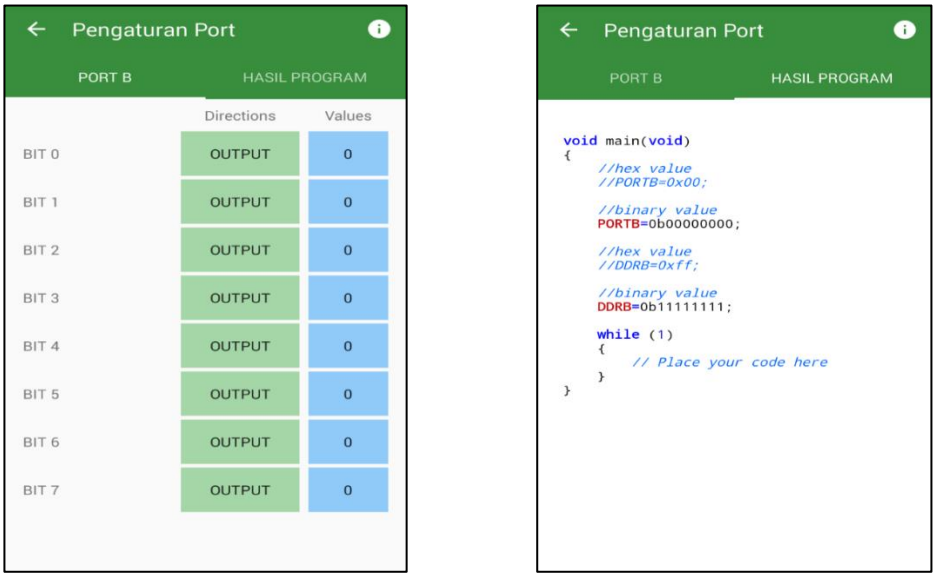
Perbedaan pretest dan posttest kompetensi aspek psikomotor siswa diakibatkan dari penggunaan media mobile learning dan model pembelajaran induktif. Kesimpulan tersebut sesuai dengan pendapat Schunk (2012: 450) bahwa media simulasi menampilkan situasi yang sebenarnya atau imajinasi yang tidak dapat dilakukan ke dalam pembelajaran serta memiliki fungsi teknologi seperti: alat untuk mengembangkan pengetahuan, sumber informasi untuk memperluas pengetahuan, mendukung pembelajaran dengan bekerja, mendukung pembelajaran dengan bersosial, dan dapat mendukung pembelajaran yang dapat direfleksikan. Kesimpulan tersebut juga sesuai dengan hasil penelitian Muhammad Andik (2011) dan Windi (2013) tentang penggunaan mobile learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil penelitian tersebut dijelaskan bahwa media mobile learning efektif digunakan untuk meningkatkan hasil belajar siswa.

Penilaian kompetensi aspek psikomotor siswa dilihat dari aktivitas siswa dalam menggunakan media mobile learning dalam pembelajaran induktif. Selama proses pembelajaran siswa diberikan pertanyaan-pertanyaan yang mengerucut pada suatu

konsep yang dipelajari. Tugas guru adalah mengarahkan siswa untuk mencari jawaban atas pertanyaan tersebut pada media mobile learning dengan membaca submenu sumber informasi dan melihat simulasi yang ditampilkan pada submenu tipe rangkaian dan pengaturan port. Selanjutnya, siswa akan menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut pada buku tulis mereka masing-masing sebagai bahan belajar mereka. Salah satu pertanyaan yang diberikan kepada siswa yang berkaiatan dengan kegiatan simulasi adalah "Apabila PORT mikrokontroler difungsikan sebagai output dengan nilai output 0, bagaimanakah instruksi pengaturan PORTnya?". Melalui pertanyaan tersebut guru akan mengarahkan siswa untuk membuka sub-submenu "Pengaturan PORT" pada sub-menu "Sumber Informasi" untuk mendapatkan informasi dan membuktikannya pada submenu "Pengaturan Port". Submenu dan sub-submenu tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



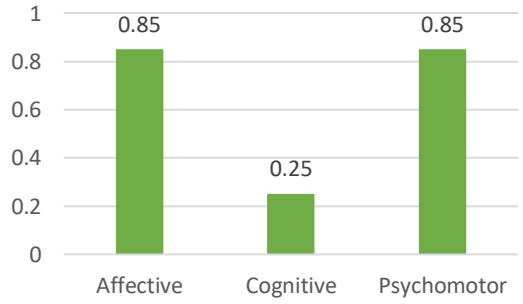
Gambar 2. Tampilan dari Sub-submenu Pengaturan PORT pada Submenu Sumber Informasi



Gambar 3. Tampilan Submenu Pengaturan Port pada Menu Belajar

Efektivitas penggunaan model pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning pada kompetensi pemrograman input-output mikrokontroler dilihat dari perbedaan pretest dan posttest serta gain kelas eksperimen. Pada subbab sebelumnya telah dibahas mengenai perbedaan pretest dan posttest kelas eksperimen dan kesimpulannya adalah pretest kelas eksperimen berbeda dengan posttest-nya ditinjuau dari ketiga aspek kompetensi.

Selanjutnya, perhitungan gain dari kelas eksperimen diperoleh nilai untuk aspek kognitif sebesar 0,25, aspek afektif dan psikomotor sebesar 0,85. Grafik rerata gain tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Grafik Rerata Skor Gain Kelas Eksperimen

Nilai gain untuk aspek kognitif berada pada kategori rendah sehingga dapat dikatakan tingkat efektivitas pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning untuk aspek kogntif rendah. Selanjutnya, nilai gain dari aspek afektif dan psikomotor dalam kategori tinggi sehingga dapat dikatakan tingkat efektivitas pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning untuk aspek afektif dan psikomotor tinggi.

Perbedaan skor pretest dan posttest serta perolehan nilai gain kelas eksperimen, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning efektif digunakan untuk peningkatan kompetensi siswa pada kompetensi pemrograman input-output mikrokontroler. Kesimpulan tersebut sesuai dengan pendapat Euis dan Donni (2014:255) bahwa pembelajarn induktif merupakan kelompok model pembelajaran pengolahan informasi yang menitikberatkan kepada kompetensi-kompetensi pengolahan informasi untuk meningkatkan kapabilitas siswa. Kesimpulan tersebut juga senada dengan pendapat Joyce dkk (2016: 74) bahwa penggunaan model pembelajaran induktif secara teratur dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk membentuk konsep secara efisien dan meningkatkan kisaran perspektif yang dapat mereka gunakan untuk memandang informasi. Selain itu, penggunaan media mobile learning yang menyediakan simulasi pemrograman input-output mikrokontroler juga berdampak pada peningkatan kompetensi siswa kelas eksperimen, sesuai dengan pendapat Alessi dan Trolip bahwa proses simulasi memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan percobaan dengan “bagaimana jika” dalam lingkungan yang aman.

SIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning efektif digunakan untuk peningkatan kompetensi pemrograman input-output mikrokontroler siswa kelas X Teknik Mekatronika. Uji beda antara pretest dan posttest kelas eksperimen pada kompetensi aspek kognitif, afektif dan psikomotor diperoleh nilai Sig.hitung sebesar 0,00 untuk aspek kognitif, afektif dan psikomotor. Nilai Sig.hitung tersebut lebih kecil dari nilai Sig.penelitian sebesar 0,05, yang artinya terdapat perbedaan signifikan antara pretest dan posttest. Nilai gain untuk aspek kognitif sebesar 0,25 dengan kategori rendah serta nilai gain untuk aspek afektif dan psikomotor sebesar 0,85 dengan kategori tinggi yang artinya terdapat peningkatan pada kompetensi siswa. Peningkatan kompetensi siswa yang mengikuti pembelajaran berpikir induktif dengan media mobile learning lebih tinggi dari pada siswa yang mengikuti pembelajaran ceramah dan hasil posttest kelas eksperimen berbeda secara signifikan dengan hasil pretest-nya, ditinjau dari aspek kognitif, afektif, dan

psikomotor. Hasil posttest kelas eksperimen lebih tinggi dari pada hasil pretest-nya.

DAFTAR RUJUKAN

Agus Triarso. 2010. *Pengembangan Mobile Edukasi (m-edukasi).* Diakses dari http://m-edukasi.kemdikbud.go.id/artikel-mobile-learning-isi.php?kodenya=2010-ad pada tanggal 4 Februari 2016 pukul 20.40 WIB.

Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia. 2015. *Profil Pengguna Internet Indonesia 2014.* Diakses dari https://www.sendspace.com/file/mke4ig pada 5 Februari 2016 puku 08.19 WIB.

Dell'Olio, Jeanine M., Tony Donk. 2007. *Models of Teaching: Connecting Student Learning With Standards.* California: Sage Publications, Inc.

Euis Karwati & Donni Juni Priansa. 2014). *Manajemen Kelas (Classromm Mangement).* Bandung: Penerbit Alfabeta.

Iwan Doumy 2015. *Menuju Pemanfaatan Mobile learning.* Diakses dari http://www.lms.disdikbna.net/lms/menuju-pemanfaatan-mobile-learning/ pada tanggal 5 Februari 2016 pukul 09.29 WIB.

Joyce, Bruce. et. all. 2016. *Models of Teaching (Ninth Edition).* (Penerjemah: Rianayati Kusmini Pancasari). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Kemkominfo. 2014. *Pengguna Internet di Indonesia Capai 82 Juta*. Diakses dari http://kominfo.go.id/index.php/content/detail/3980/Kemkominfo%3A+Pengguna+Internet+di+Indonesia+Capai+82+Juta/0/berita_satker#.VrK1DrJ97Dc pada tanggal 4 Februari 2016 pukul 09.25 WIB.

Muhammad Andik Izzuddin. 2011. *Efektifitas Hasil Belajar Produktif TKJ Melalui Media Mobile learning di Smk Negeri 9 Malang*. Diakses dari http://library.um.ac.id pada tanggal 29 Februari 2016 pukul 15.07 WIB.

Nirma Diniyati. 2014. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berpikir Induktif Terhadap Hasil Belajar Siswa*. Bandung: Repository UPI.

Pont, Michael J. 2008. Patterns for Time-Triggered Embedded Systems. Pearson Education Limited: London.

Schunk, Daleh H. 2012. *Learning Theories.* (Alih bahasa: Eva Hamidah, Rahmat Fajar). Yogyakarta: Pustaka Belajar.

UNICEF Indonesia. 2014. *Studi Terakhir: Kebanyakan Anak Indonesia sudah online, namun masih banyak yang tidak menyadari potensi resikonya.* Diakses dari http://www.unicef.org/indonesia/id/media_22169.html pada 26 November 2015 2015 pukul 07.36 WIB.

Windi Wijayanti. 2013. *Penggunaan Mobile learning Berbasis Web Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Ranah Kognitif pada Mata Pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi.* Bandung: Repository UPI.

Woodill, Gary. 2011. *The Mobile Learning Edge.* United States: McGraw-Hill Companies Inc.

Yuga Gautama. 2013. *Perbandingan Prestasi Belajar Siswa Yang Menggunakan Model Pembelajaran Induktif Dengan Model Pembelajaran Ceramah Dalam Mata Pelajaran Penerapan Konsep Dasar Listrik Dan Elektronika*. Bandung: Repository UPI.Arkanuddin M., Fadlil A., Sutikno T. 2006. A Neuro-Fuzzy Control for Robotic Application Based on Microcontroller. *Advanced Control for Industrial Application 2nd ed.* Krishnan R, Blaabjerg F. Editors. London: Academic Press, 165-178.

IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI PID PADA MOTOR DC

M. Khairudin[1], A Candra[2], Muhfizaturrahmah[3], A. Asmara[4] dan A Widi[5]
[1,2,3,4,5]Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: moh_khairudin@uny.ac.id

ABSTRAK

Makalah ini membahas implementasi kendali Proporsional Integral Diferensial (PID) pada motor DC. Sistem Kendali PID dibangun berbasis rangkaian elektronik untuk kendali motor DC. Besar tegangan masukan dapat diatur secara variabel dengan potensiometer dan dengan kontrol PID. Hasil menunjukan bahwa kendali PI dengan nilai Kp tetap yaitu 2 sedang nilai Ki = 0-1 dapat mencapai hasil rpm stabil pada 2100. Sedangkan bila nilai gain I lebih jauh tidak terjadi perubahan yang signifikan. Saat kendali PD dengan nilai Kp = 2 dan Kd = 10 sampai 20 yang didapatkan adalah nilai rpm tetap namun rise time pada tiap pengaturan berubah semakin besar Kd maka semakin cepat respon motor DC.

Kata Kunci: kendali, motor DC, PID

ABSTRACT

This paper presents the implementation of PID controller for a DC motor. PID controller based on electronics circuit has been built to control a DC motor. In this study, voltage value was regulated by variable with potentiometer and PID control. The results show that PI controller with fixed value of Kp and Ki are 2 and 0.1 to 1.0 and obtained results with rpm started of 1900 as beginning. In other hand, when PD set with a value of Kp and Kd are 2 and 10 to 20 respectively, it brings the rpm be stable but the rise times change depend on the adjustment, for the bigger Kd will impact more quick response for DC motor.

Keywords: *controller, DC Motor, PIZ*

PENDAHULUAN

Motor arus searah merupakan jenis motor listrik yang sering digunakan oleh industri terutama industri yang membutuhkan kecepatan putaran yang konstan. Pengaturan putaran motor ini dilakukan dengan mengubah-ubah tegangan terminal yang memiliki daerah pengaturan yang luas. Dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi tegangan untuk mendapatkan hasil putaran yang diinginkan (Dimas Harind, dkk, 2014).

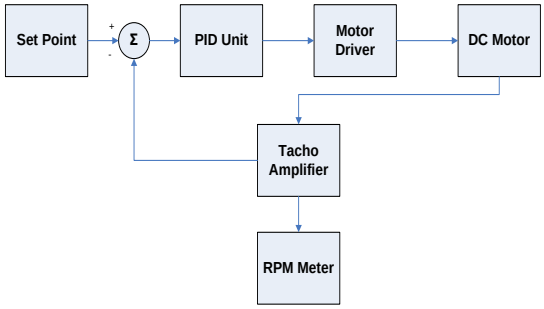
Prabha Malviya dan Menka Dubey (2015) memaparkan motor DC banyak digunakan dalam aplikasi industri seperti robotika dan peralatan rumah tangga karena biaya rendah dan struktur pengendalian yang relatif sederhana. Sedangkan Bhakti Yudho S, dkk. (2013) memanfaatkan motor DC sebagai aktuator pada mini boiler dengan ukuran panjang 80 cm dan diameter 40 cm.

Aldilah Abubakar, dkk (2010) menjelaskan bahwa motor DC banyak digunakan dalam industri sebagai mekanik driver, karena memiliki kemudahan kendali. Implementasi sistem kendali motor DC dengan kontroler PID menggunakan mikrokontroler ATmega16 telah dilakukan oleh M.Rizki Setiawan, dkk (2012). Rohit Gupta (2012) memaparkan karakteristik sistem kendali serbaguna motor DC telah berkontribusi dalam penggunaan ekstensifikasi motor DC pada industri. Stephanus, (2009) menyebutkan kemajuan teknologi yang ada pada motor listrik menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kegiatan produksi. Sedangkan Parviz Amiri, (2013) menjelaskan bahwa sistem kendali PID dirancang untuk mengendalikan kecepatan motor berdasarkan informasi yang masuk pada sistem tuning Auto. Sedangkan Mohammed dkk (2016) juga mengelaborasi motor DC sebagai aktuator pada robot lengan flexible. Radi Birdayansyah, dkk, (2015) juga telah melakukan penelitian tentang fitur pengenalan suara atau voice recognition untuk mengatur kecepatan motor DC.

Pada studi ini dibahas implementasi kendali PID pada motor DC sehingga didapatkan setting dan tunning yang akurat pada gerakan kecepatan motor DC. Studi ini dilengkapi dengan langkah praktis untuk menyusun kendali PID secara elektronik sehingga memudahkan. Dalam studi ini juga ditampilkan data karakteristik antara kendali P, I dan D.

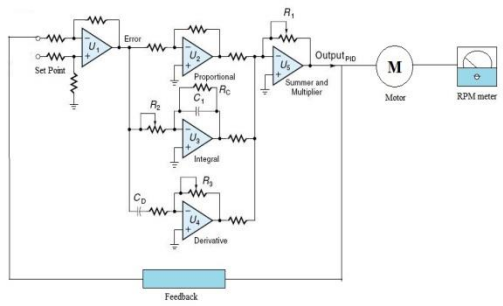
METODE

Perancangan dan penyusunan sistem kendali motor DC menggunakan loop tertutup atau closed loop. Pada studi ini perancangan sistem menggunakan modul motor DC yang terdiri dari (1) potensiometer, (2) *Summing Amplifier*, (3) Kendali PID (4) *Driver* Motor , (5). Motor DC, (6) *Tacho Amplifier*, (7) RPM Meter. Rangkaian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Rangkaian Kendali Motor DC

Sedangkan rangkaian elektronika kendali PID dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Rangkaian PID

Gambar 2 merupakan rangkaian pada modul kendali PID. Pada modul ini disediakan 3 potensio yang masing masing mengatur 1 variabel dalam kendali PID yaitu kendali P, I, dan D. Sumber yang digunakan pada modul ini yaitu sumber DC dengan nilai +15v dan -15v.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan rancangan sistem kendali telah dilakukan. Hasil dan pencarian parameter kendali PID yang akurat juga telah dilakukan. Pada Tabel 1 dapat dilihat karakteristik kendali PID bahwa dengan adanya gain dalam P menyebabkan adanya peningkatan overshoot. Dalam penggunaan gain I akan menimbulkan perubahan yang berupa peningkatan pada Settling Time dan nilai Rise Time. Gain ketiga yaitu D, apabila gain ini digunakan maka akan terjadi sedikit perubahan pada sisi Error Steady State Perubahan kecil yang dimaksud mempunyai pengaruh pada kecepatan motor DC.

Table 1. Karakteristik Kendali PID

	Rise Time	*Overshoot*	*Settling Time*	*SS Error*
Parameter				
Kp	*Decrease*	*Increase*	*Small Change*	*Decrease*
Ki	*Decrease*	*Increase*	*Increase*	*Eliminate*
Kd	*Small Change*	*Decrease*	*Decrease*	*Small Change*

Pada saat gain Proportional dan gain Integral di satukan akan membuat motor DC lebih stabil dan dapat mencapai tujuan atau meningkatkan rpm dengan stabil karena adanya karakteristik gain integral yang bersifat menaikkan Settling Time. Namun apabila keduanya dinaikkan untuk menjadikan motor DC lebih cepat dan stabil maka akan terjadi overshoot yang melebihi batas dan dapat menyebabkan lonjakan tegangan yang tinggi dan dapat menyebabkan motor DC kelebihan beban dan panas. Oleh sebab itu harus ada kendali untuk menahan atau menurunkan tingkat overshoot motor DC yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Proses menurunkan error steady state yang melebihi batas maka dapat menggunakan gain D atau Derivatif yang dalam karakteristik kendali disebutkan bahwa gain D dapat menurunkan error steady state walaupun hanya terjadi sedikit perubahan namun dapat sangat membantu agar tidak melebihi batas dan tidak terjadi kelebihan

Table 2. Parameter Kendali P

Kp	Ki	Kd	Rpm
2	0	0	2150
2,5	0	0	2200
3	0	0	2300
3,5	0	0	2400
4	0	0	2600
4,5	0	0	2750
5	0	0	2900
5,5	0	0	3050
6	0	0	3250

Table 3. Parameter Kendali PI

Kp	Ki	Kd	Rpm
2	0	0	2100
2	0,1	0	2100
2	0,2	0	2100
2	0,3	0	2100
2	0,4	0	2100
2	0,5	0	2100
2	0,6	0	2150
2	0,7	0	2200
2	0,8	0	2200
2	0,9	0	2200
2	1	0	2200

Table 4. Parameter Kendali PD

Kp	Ki	Kd	Rpm
2	0	10	2150
2	0	11	2150
2	0	12	2150
2	0	13	2150
2	0	14	2150
2	0	15	2150
2	0	16	2150
2	0	17	2150
2	0	18	2150
2	0	19	2150
2	0	20	2150

Pada pengambilan data pertama hanya 1 gain yang digunakan yaitu Proportional. Sesuai dengan karakteristik Proportional maka apabila Kp dinaikkan maka dengan tegangan yang sama akan menaikkan kecepatan putaran motor. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Semakin besar Kp maka akan semakin cepat juga putaran motor DC. Tetapi jika hanya menggunakan Kp akan menjadikan overshoot motor DC meningkat dan melebihi target.

Oleh karena settling time yang disebabkan oleh gain P kecil perubahannya maka dibutuhkan gain yang lebih aktif dalam penguatan settling time. Penggunan gain Ki selanjutnya akan memberi gambaran tentang settling time yang lebih cepat seperti Tabel 3.

SIMPULAN

Desain dan perancangan kendali PID telah dilakukan. Nilai gain P memiliki peran untuk membuat putaran kecepatan motor sesuai yang diharapkan. Gain I memiliki peran untuk meningkatkan settling time agar motor cepat stabil. Gain D memiliki peran untuk memperbaiki *error steady state* namun.

DAFTAR RUJUKAN

Aldilah Abubakar & Anggra Candra. (2010). Pengaturan Kecepatan Motor Menggunakan Metode Fuzzy Pada Roll Banner. *Jurnal Pengaturan Kecepatan Motor*. Juni 2010.

Amiri Parviz, (2013). Speed Control of DC Motor by Programmable Logic Control with High Accuracy. *Universal Journal of Control and Automation*. Page 91-97, 2013.

Bhakti Yudho S, Hera Hikmarika, Suci Dwijayanti, Purwanto, (2013). Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI, Dan PID Pada Proses Pengendalian Suhu Dalam Sistem Mini Boiler. *Jurnal Amplifier Vol. 3 No. 2*, November 2013.

Dimas Harind, Yudha Putra, Riswan Dinzi. (2014). Studi Pengaturan Kecepatan Motor Dc Shunt Dengan Metode Ward Leonard (Aplikasi pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU).

Jurnal SINGUDA ENSIKOM. VOL. 6 NO.1/Januari 2014.

Gupta Rohit, (2012). Thyristor Based Speed Control Techniques of DC Motor: A Comparative Analysis.*International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 2, Issue 6, June 2012 ISSN 2250-3153.

Handy Wicaksono, Josaphat Pramudijanto. (2004). Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Metode Tuning Direct Synthesis. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 4, No. 1, Maret 2004: 10 – 17.

Mohamed Z, Khairudin M, Husain AR, and Subudhi B (2016) Linear matrix inequality-based robust proportional derivative control of a two-link flexible manipulator. *Journal of Vibration and Control*. 22(5): 1244–1256.

Muhammad Rizki Setiawan, M. Aziz Muslim dan Goegoes Dwi Nusantoro. (2012). Kontrol Kecepatan Motor DC Dengan Metode PID Menggunakan Visual Basic 6.0 Dan Mikrokontroler ATmega 16. *Jurnal EECCIS* Vol. 6, No. 2, Desember 2012.

Prabha Malviya & Menka Dubey, (2015). Speed Control Of DC Motor A Review. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. Volume 4, Auguts, 2015.

Radi Birdayansyah, Noer Sudjarwanto, Osea Zebua. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Volume 9, No. 2, Mei 2015.

Stephanus, (2009). Studi Penggunaan Permanen Magnet Servo Motor Tegangan 460 V DC, 1850 Rpm Pada Mesin Potong Karton. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 2, No. 2, September 2002: 98 – 104.

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK (SIA) DI SMK MA'ARIF 1 KEBUMEN

Ari Prayogo
Pendidikan Teknik Elektro, Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta
ariprayogos@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membangun Sistem Informasi Akademik (SIA) di SMK Ma'arif 1 Kebumen serta mengetahui tingkat kelayakan Sistem Informasi Akademik (SIA) di SMK Ma'arif 1 Kebumen menggunakan standar ISO 9126 yang mencakup aspek *functionality*, *usability*, dan *reliability*. Metode yang digunakan adalah R&D (*Research and Development*) dan model pengembangan LSM (*Linear Sequential Model*). Model pengembangan LSM yaitu, analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian. Hasil dari penelitian ini adalah (1) Sistem Informasi Akademik (SIA) di SMK Ma'arif 1 Kebumen dibangun menggunakan *framework* Bootstrap. (2) hasil pengujian dalam uji kualitas perangkat lunak dinyatakan lolos berdasarkan ISO 9126 yaitu dalam aspek *functionality* 100% dapat berfungsi dengan benar dan diperoleh nilai 1 dengan kategori baik. Aspek *usability*, *mean* atau rata-rata *usefulness* 3,57 dari skala 1 sampai dengan 4 dan termasuk kategori sangat bermanfaat menurut guru dan 3,57 dengan kategori sangat bermanfaat menurut siswa, indikator *ease of use* menurut guru diperoleh *mean* 3,42 dengan kategori sangat mudah digunakan dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,87 dengan kategori sangat mudah digunakan. Indikator *ease of learning* menurut guru diperoleh mean 3,15 dengan kategori mudah dipelajari dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,65 dengan kategori sangat mudah dipelajari. Indikator *satisfaction* menurut guru diperoleh *mean* 3,50 dengan kategori sangat memuaskan dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,37 dengan kategori sangat memuaskan. Aspek *reliability* diperoleh nilai 99,95% dan termasuk kategori handal.

Kata Kunci: Sistem Informasi Akademik (SIA), *Framework* Bootstrap, *functionality*, *usability*, *reliability*.

ABSTRACT

The aims of this research are to develop the design of Academic Information System (SIA) in SMK Ma'arif 1 Kebumen and to know the feasibilty level of Academic Information Systems (SIA) in SMK Ma'arif 1 Kebumen using ISO 9126 standard consist of functionality, usability, and reliability. The method of this research are Research and Development (R&D) and Linear Sequential Model (LSM) development model. LSM development model are need analiysis, system design, implementation (coding), and testing. The results of this research are (1) Academic Information System (SIA) in SMK Ma'arif 1 Kebumen was developed using Bootstrap framework. (2) The testing result of software-quality is qualified based on ISO 9126 which the functionality aspect can be 100% functional and get score of 1 as the mark in good categories. The usability aspects, mean of usefulness by teachers get score of 3.57 in scale of 1 to 4 and including very useful categories and by students get score of 3.57 included very helpful categories. The indicator of ease of use by teachers get score of 3.42 with very easy to use categories and by students get score of 3.87 with the very easy to use categories. The indicators of ease of learning by teachers get score of 3.15 included easy to learn categories and by students get score of 3.65 included very easy to learn categories. The indicators of satisfaction by teachers get score of 3.50 included very satisfaction and by students get score of 3.37 that included very satisfaction. The aspects of reliability get the value of 99.95% with reliable categories.

***Keywords**: Academic Information System (SIA), Bootstrap Framework, functionality, usability, reliability.*

PENDAHULUAN

Manusia membutuhkan akses informasi secara cepat ditengah perkembangan teknologi informasi pada era globalisasi. Teknologi sistem informasi muncul dengan berbagai inovasi yang terus mengalami perubahan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Penerapan sistem informasi memiliki beberapa keunggulan yakni tersedianya informasi secara luas, cepat, dan tepat. Stair & Reynolds (2010) mengungkapkan bahwa sistem informasi merupakan suatu perangkat elemen atau komponen yang saling terkait satu sama lain, yang dapat mengumpulkan, mengolah, menyimpan dan juga menyebarkan data dan juga informasi, serta mampu untuk memberikan *feedback* untuk memenuhi tujuan suatu organisasi. Penggunaan sistem informasi menjadi alat interaktif yang erat kaitannya dengan internet.

Internet merupakan suatu jaringan komunikasi tanpa batas yang melibatkan ribuan komputer pribadi yang tersebar diseluruh dunia. Pengguna dapat dengan leluasa mengakses berbagai informasi dari berbagai tempat. Informasi yang diakses berupa teks, grafik, suara maupun video. Internet menjadi salah satu media sarana yang efektif untuk menyebarkan informasi. Teknologi internet sangat dikenal dalam bidang pekerjaan, perusahaan, maupun instansi pendidikan. Menurut data (APJII) Asosiasi Penyelenggara Internet Indonesia tahun 2015, perkembangan internet di Indonesia mencapai angka 139 juta jiwa dari jumlah populasi penduduk Indonesia yang menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) mencapai 252,5 juta jiwa. Manusia sebagai pengguna, menjadikan teknologi sebagai salah satu strategi dalam menjaga kualitas pelayanan termasuk dalam lembaga pendidikan khususnya sekolah.

Sekolah sebagai salah satu lembaga pendidikan formal yang mengacu pada standar nasional pendidikan menjamin pencapaian pendidikan nasional. Standar nasional pendidikan terdiri atas standar isi, proses, kompetensi lulusan, tenaga pendidikan, sarana prasarana, pengelolaan, pembiayaan dan penilainan pendidikan. Edward Saills dan Sudarwan Danim (2006) mengungkapkan bahwa ciri-ciri sekolah yang bermutu adalah berfokus pada pelanggan, baik pelanggan internal maupun eksternal dan mutu sekolah lainnya adalah nilai moral yang tinggi, hasil ujian tinggi penerapan teknologi terbaru, pemimpin yang kuat, perhatian terhadap siswa, serta dukungan terhadap orang tua dan masyarakat. Sedangkan menurut Roesanto (2000) dalam Nanang Tasunar (2006: 44) berpendapat bahwa kualitas layanan mengacu pada penilaian-penilaian pelanggan tentang inti pelayanan, yaitu si pemberi pelayanan itu sendiri atau keseluruhan organisasi pelayanan, sebagian besar masyarakat sekarang mulai menampakkan tuntutan terhadap pelayanan prima, mereka bukan lagi sekedar membutuhkan produk yang bermutu tetapi mereka lebih senang menikmati kenyamanan pelayanan.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai bagian dari institusi pendidikan yang tidak lepas dari perkembangan teknologi informasi. Perkembangan teknologi informasi yang ada di SMK memberikan dampak positif yang bermanfaat untuk meningkatkan kualitas mutu pendidikan di sekolah tersebut. Teknologi Informasi informasi digunakan untuk kegiatan akademis maupun non akademis. Teknologi informasi dapat digunakan sebagai media publikasi sekolah kepada calon siswa yang hendak masuk ke sekolah tersebut.

Peneliti telah melakukan observasi di SMK Ma'arif 1 Kebumen yaitu dengan narasumber Bapak Muhtarudin, S.E., M.Si., pada tanggal 25 Januari 2016. Cara penyampaian informasi akademik untuk kegiatan penting seperti informasi untuk wali murid, pembayaran Surat Persetujuan Pembayaran (SPP), dan informasi ujian akhir semester yang ada di di SMK Ma'arif 1 Kebumen sudah dilakukan dengan menggunakan SMS Gateway tetapi sudah tidak digunakan. Untuk informasi akademik mengenai nilai rapor, guru melakukan secara manual yaitu dengan memasukan nilai siswa saat di kelas

menggunakan blangko nilai yang sudah disediakan di ruang Tata Usaha. Setelah guru memasukan nilai, blangko diberikan kepada petugas akademik sekolah untuk diproses dan dimasukan ke dalam *Microsoft Excel*. Siswa hanya dapat mengetahui nilai pada saat pengambilan rapor. Siswa juga tidak mempunyai rekap nilai karena data yang ada adalah data yang sudah diproses. Jadi, siswa hanya dapat melihat nilai rapor akhir semester satu kali persemester.

Sistem informasi di SMK Ma'arif 1 Kebumen masih menggunakan cara konvensional yaitu sistem berkas. Kelemahan sistem ini adalah saat proses pemasukan data sekolah. Sistem ini menyebabkan tingkat kerusakan dan kehilangan data yang tinggi, tidak efektif bagi guru, bagian kurikulum, wali kelas dan wali murid. Proses pencarian data dan informasi yang diberikan membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga terjadi keterlambatan pada penyampaian informasi kepada siswa dan wali murid. Saat melakukan pengecekan nilai, kepala sekolah harus melalui layanan akademik sekolah. Hal ini berpengaruh pada proses pengelolaan data dan informasi terkait SMK Ma'arif 1 Kebumen. Sedangkan saat ini manusia membutuhkan sistem informasi dan data yang cepat, akurat, dan dinamis sesuai perkembangan situasi yang ada. Kemudahan akses informasi yang disediakan sekolah tentunya akan memberikan dampak positif bagi kemajuan dan peningkatan kualitas pelayanan suatu lembaga pendidikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan sebuah sistem informasi untuk mengelola data dan informasi terkait siswa, guru, kurikulum, wali kelas dan wali murid, dan semua informasi terkait data sekolah. Pengembangan Sistem Akademik mampu membantu guru dan karyawan untuk meningkatkan kinerjanya. Selain itu, wali murid dapat mengakses data dan informasi yang disajikan sekolah dengan mudah, cepat dan sesuai dengan perkembangan yang ada.

Keberadaan sistem informasi akademik sebagai alat yang memudahkan siapa saja yang ingin mengetahui segala sesuatu yang ada di dalam sekolah. Metode pengujian software dalam menetapkan kelayakan menggunakan standar ISO 9126. Setelah sistem ini dinilai layak, maka sistem diharapkan dapat digunakan dengan baik oleh pengguna.

METODE

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan (*research and development*) yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk. Model pengembangan yang digunakan adalah LSM (*Linear Squential Model*). Model LSM adalah model yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun suatu perangkat lunak yang terdiri atas analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi dan pengujian (Pressman 2001:29).

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 Juni hingga 31 Juli 2016. Penelitian ini dilaksanakan di SMK Ma'arif 1 Kebumen.

C. Target/Subjek Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari, (i) ahli pemrograman untuk variabel *functionality*; (ii) siswa dan guru untuk variabel *usability*; (iii) dokumentasi Sistem Informasi Akademik (SIA) yang dikembangkan untuk variabel *reliability*

D. Prosedur

a) Tahap Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan merupakan tahap pengumpulan data yang diperlukan untuk digunakan sebagai dasar dari pengembangan Sistem Informasi Akademik (SIA) yang akan dibangun di SMK Ma'arif 1 Kebumen. Analisis kebutuhan yang dilakukan peneliti berupa studi lapangan (observasi), pengumpulan sumber-sumber materi (studi pustaka) dan pencarian penelitian yang relevan. Pada saat studi lapangan (observasi) membutuhkan sumber informasi dari SMK Ma'arif 1 Kebumen yang ahli dalam bidang Teknologi Informasi yaitu Bapak Edwin.

Kemudian permintaan atau kebutuhan yang diperlukan pengguna dibuat daftar kebutuhan untuk dikembangkan dalam Sistem Informasi Akdemik (SIA) ini.

b) Tahap Desain Sistem

Berdasarkan tahap analisis kebutuhan dapat diketahui apa saja fungsi yang harus dimiliki perangkat lunak, dan kemudian dibuat rancangan perangkat lunak dengan fungsi yang sesuai. Tahap desain sistem dalam penelitian ini dilakukan beberapa sub-tahapan, yakni (i) perancangan pemodelan (DFD) *Data Flow Diagram*, pada sub-tahapan ini pemodelan yang digunakan adalah pembuatan diagram konteks (*contex diagram*) untuk pengembangan, dan diagram data (DFD) *Data Flow Diagram* digunakan untuk memudahkan dalam tahap pengkodean; (ii) perancangan desain *Interface*, pada sub-tahapan ini peneliti akan melakukan desain tampilan (*user interface design)* dari setiap halaman *web* sehingga lebih menarik dan interaktif dengan pengguna; (iii) perancangan database, pada sub-tahapan ini database digunakan untuk menyimpan data yang nantinya tampil di website.

c) Tahapan Implementasi

Setelah desain selesai dibuat, implementasi merupakan tahapan pelaksanaan dari analisis kebutuhan dan sistem desain. Pada tahapan ini desain yang telah dibuat dikonversi ke bentuk akhir sistem berupa web. Bahasa pemrograman menggunakan PHP versi 5 dan database yang dipakai menggunakan MySQL. Software yang digunakan Web Server Apache, Sublime Text 3, *web browser* dan *framework* Bootstrap.

d) Tahap Pengujian

Tahap pengujian ini bertujuan untuk memeriksa pembuatan perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan yang didefinisikan pada setiap tahapan dari analisis, desain, dan implementasi. Produk yang dikembangkan diuji agar dapat berjalan lancar tidak mengalami error. Pengujian yang dilakukan peneliti pada tahap ini menggunakan standar ISO 9126 dengan metode blackbox testing pada aspek functionality oleh ahli sistem informasi. Kemudian dilanjutkan pada tahap uji pengguna atau implementasi untuk menguji kelayakan produk yang sudah dikembangkan di SMK Ma'arif 1 Kebumen. Pada pengujian usability dilakukan oleh guru dan siswa. Selanjutnya pengujian realibility menggunakan software WAPT (Web Application Testing) versi 8,1 untuk menguji *stress testing* atau tingkat ketahanan produk.

E. Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

a) Aspek Fungsionalitas (*Functionality*)

Pada Aspek *functionality*, metode yang digunakan menggunakan pendekatan *black-box teting* (menguji perangkat lunak dari segi spesifikasi fungsional tanpa menguji desain dan kode program) diuji ahli pemrograman dengan menggunakan kuisioner sesuai dengan fungsi utama yang telah ditetapkan dalam analisis kebutuhan.

b) Aspek Usabilitas (*Usability*)

Aspek *Usability* diuji menggunakan kuisioner yang dikembangkan oleh STC Usability and User Experience Community (Lund,2001) dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan peneliti dengan *instrumen Usefulnes, Satisfaction, Ease of use, and Ease of learning* (USE) *Quistionare* yang terdiri dari 30 item soal dengan 4 poin skala Likert positif untuk mengukur kepuasan pengguna siswa dan guru dalam menggunakan Sistem Informasi Akademik (SIA).

c) Aspek Reliabilitas (*Reliability*)

Aspek *reliability* diuji dengan menggunakan software WAPT versi 8,1. *Stress testing* bertujuan untuk melihat kemampuan perangkat lunak bekerja pada keadaan maksimal. Stress testing adalah salah satu jenis pengujian sistem *(system testing*). Pengujian *stress testing* menggunakan simulasi pengunjung dalam waktu tertentu secara bersamaan untuk melihat ketahanan perangkat lunak dalam menangani beban kerja yang berat.

F. Teknik Analisis Data

Analisis dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif dan analisis data kualitatif. Analisis data kuantitatif diperoleh dengan pengisian angket dianalisis dengan statistik deskriptif kemudian dikonversikan ke data kualitatif untuk mengetahui tingkat kelayakan dan kehandalan sebuah perangkat lunak melalui 3 faktor yaitu:

1) Faktor Fungsionalitas (*Functionality*)
2) Faktor Usabilitas (*Usability*)
3) Faktor Reliabilitas (*Reliability*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan

Beberapa fungsi yang dibutuhkan pada analisis kebutuhan antara lain:

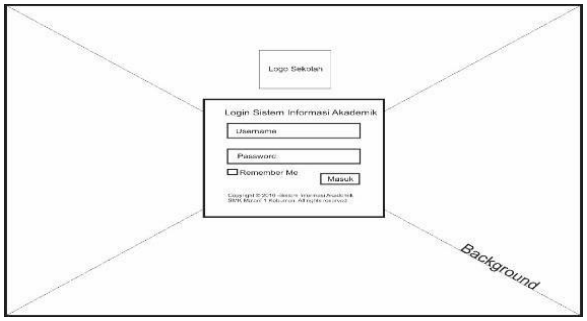
1) Guru dan siswa didaftarkan oleh admin.
2) Guru dapat melihat jadwal pelajaran yang diampu pada semester tertentu di halaman dashboard.
3) Guru dapat berdiskusi dengan siswa, mengunggah materi, absensi siswa dan menambah nilai akademik siswa sesuai mata pelajaran yang diampu pada tahun ajaran dan semester tertentu.
4) Siswa dapat berdiskusi dengan guru, mengunduh materi, dan melihat nilai akademik.
5) Guru dan siswa dapat melihat dan mengubah profil masing-masing.
6) Administrator dapat menambah, mengubah, menghapus, mengunduh, mengunggah, mencari dan mencetak data.

B. Desain Sistem

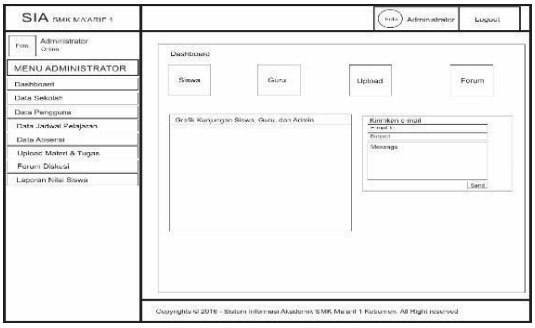
Desain yang dilakukan adalah:

1) Perancangan *Data Flow Diagram* (*DFD*)
   a. Data Flow Diagram (DFD) Konteks
   Data Flow Diagram (*DFD*)
   Konteks merupakan diagram untuk mendokumentasikan proses suatu sistem yang menekankan fungsi pada sistem, cara menggunakan informasi yang tersimpan serta pemindahan informasi antar fungsi dalam sistem.
   b. Data Flow Diagram (DFD) Level 1
   Data Flow Diagram (*DFD*) level 1 merupakan penjabaran lebih detail dari *DFD* Konteks. Pada *DFD* level 1 merupakan proses-proses yang diuraikan sesuai aktifitas yang dilakukan user terhadap sistem.
   c. Data Flow Diagram (DFD) Level 2
   Data Flow Diagram (DFD) level 2 merupakan penjabaran dari setiap proses pengolahan data. Pada DFD level 1 terdapat 7 proses dalam sistem.
2) Perancangan Desain *Interface*

Perancangan desain *interface* digunakan sebagai acuan dari pengembangan tampilan Sistem Informasi Akademik (SIA). Tampilan desain meliputi:



Gambar 1. Desain *interface* halaman *login*



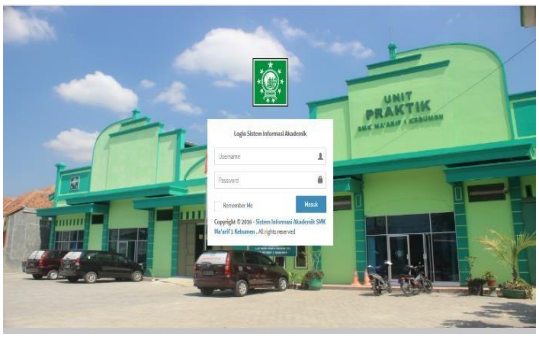
Gambar 2. Desain *interface* halaman admin

3) Perancangan *Database*

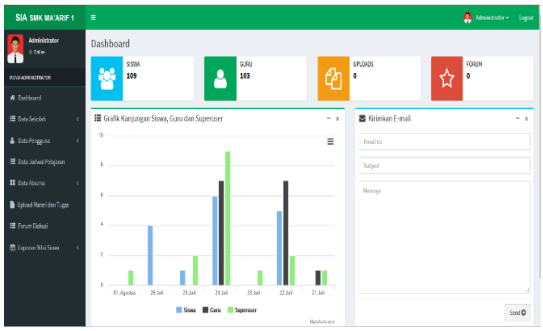
Perancangan *database* berfungsi untuk menyimpan data yang diperlukan untuk kebutuhan sistem. Saat perancangan desain *database*, beberapa tabel-tabel yang digunakan dalam sistem informasi akademik mempunyai fungsi untuk menyimpan data di database.

C. Implementasi

Tahap implementasi dilakukan menggunakan *framework* Bootstrap. Implementasi sistem informasi akademik digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Implementasi halaman *login*



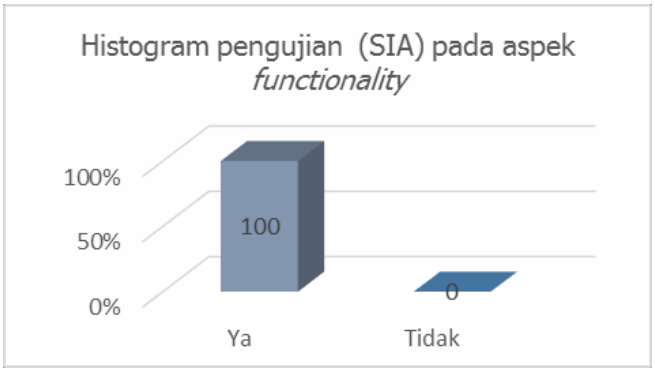
Gambar 4. Implementasi halaman admin

D. Pengujian

Hasil pengujian sistem informasi akademik adalah sebagai berikut:

1) *Functionality*

Hasil pengujian aspek functionality dengan menggunakan test case terhadap 2 orang dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil test case menyatakan bahwa semua fungsi sistem dapat berjalan dengan baik. Jadi persentase untuk masing- masing penilaian dapat dilihat pada gambar 5 bahwa 100% fungsi dapat dijalankan.



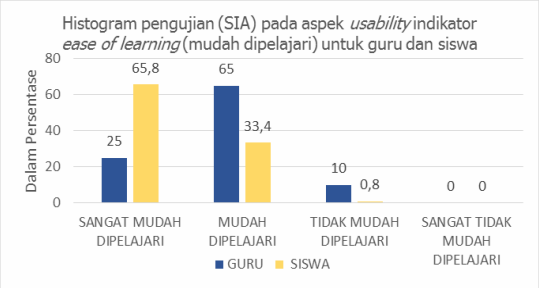
Gambar 5. Histogram persentase

Dari hasil analisis didapatkan nilai functionality akhir yaitu 1, maka kualitas perangkat lunak dari sisi functionality dapat dikatakan baik, karena sesuai intepretasi dari ISO 9126 yakni nilai yang baik adalah nilai functionality maksimal 1. Dari hasil tersebut maka sistem informasi akademik SMK Ma'arif 1 Kebumen layak digunakan karena sudah lolos dalam uji *functionality*.

2) *Usability*

Pengujian usability dilakukan kepada pengguna yaitu 30 siswa dan 5 guru jadi jumlah keseluruhan sebanyak 35 responden. Apabila diuraikan, hasil pengujian Sistem Informasi Akademik berdasarkan setiap indikator dari masing-masing aspek usability sebagai berikut:

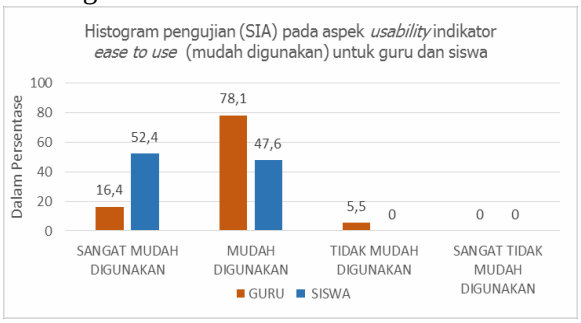
Indikator *Usefulness* (Kemanfaatan) Hasil perhitungan tersebut kemanfaatan p
Sedangkan, untuk siswa adalah 57,9% sangat bermanfaat, 42,1% siswa bermanfaat, 0% siswa tidak bermanfaat, dan 0% siswa sangat tidak bermanfaat. Berikut ini histogram persentase guru dan siswa dari sisi *(usefulness*).



Gambar 6. Histogram pengujian SIA

a. Indikator *Ease of Use* (Mudah Digunakan)

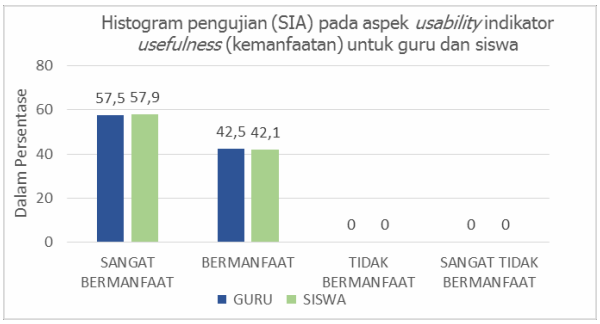
Hasil perhitungan tersebut mudah digunakan (*ease of use*) guru adalah 16,4% sangat mudah digunakan, 78,1% guru mudah digunakan, 5,5% guru tidak mudah digunakan, dan 0% guru sangat tidak mudah digunakan. Sedangkan siswa, 52,4% siswa sangat mudah digunakan, 47,6% siswa mudah digunakan, 0% siswa tidak mudah digunakan, dan 0% siswa sangat tidak mudah digunakan. Berikut ini histogram persentase guru dan siswa dari sisi (*ease of use*).



Gambar 7. Histogram pengujian SIA

b. Indikator *Ease of Learning* (Mudah Dipelajari)

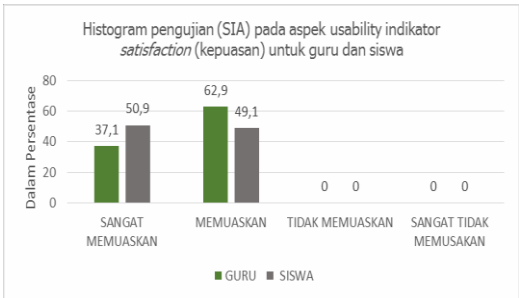
Hasil perhitungan (*ease of learning*) guru adalah 25% sangat mudah dipelajari, 65% guru mudah dipelajari, 10% guru tidak mudah dipelajari , dan 0% guru sangat tidak mudah dipelajari. Sedangkan, untuk siswa adalah 65,8% siswa sangat mudah dipelajari, 33,4% siswa mudah dipelajari, 0,8% siswa tidak mudah dipelajari, dan 0% siswa sangat tidak mudah dipelajari. Berikut ini histogram persentase guru dan siswa dari sisi (*ease of learning*).



Gambar 8. Histogram pengujian SIA

c. Indikator *Satisfaction* (Kepuasan)

Hasil perhitungan tersebut kepuasan produk (*satisfaction*) guru adalah 37,1% sangat memuaskan, 62,9% guru memuaskan, 0% tidak memuaskan, dan 0% guru sangat tidak memuaskan. Sedangkan, untuk siswa adalah 50,9% siswa sangat memuaskan, 49,1% siswa memuaskan, 0% siswa tidak memuaskan, dan 0% siswa sangat tidak memuaskan. Berikut ini histogram persentase guru dan siswa dari sisi (satisfaction).

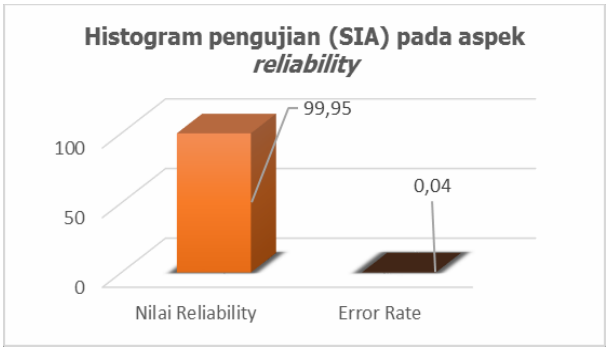


Gambar 9. Histogram pengujian SIA

Berdasarkan perhitungan rata- rata atau *mean* dari setiap indikator, *usefulness* diperoleh 3,57 dikategorikan sangat bermanfaat menurut guru dan 3,57 dikategorikan sangat bermanfaat menurut siswa. Pada indikator *ease of use*, menurut guru diperoleh 3,42 dikategorikan sangat mudah digunakan dan menurut siswa 3,87 dikategorikan sangat mudah digunakan. Pada indikator *ease of learning*, menurut guru diperoleh 3,15 dikategorikan mudah dipelajari dan menurut siswa diperoleh 3,65 dikategorikan sangat mudah dipelajari. Pada indikator *satisfaction*, menurut guru diperoleh 3,50 dikategorikan sangat memuaskan dan menurut siswa 3,37 dikategorikan sangat memuaskan. Hasil perhitungan *alpha cronbach* menggunakan SPSS yaitu 0,802 dengan kategori *good*, instrumen usability dengan *USE Quistionnaire* dapat dikatakan reliabel.

3) *Reliability*

Pengujian *reliability* sistem menggunakan perangkat lunak WAPT versi 8,1. Pengujian tersebut menggunakan 15 *virtual user* dengan waktu percobaan selama 30 menit. Hasil kesuksesan sistem yang diperoleh ada 16693 dan total kegagalan yang terdeteksi ada 7 kegagalan. Berikut ini histogram persentase nilai reliability dan error rate.



Gambar 10. Histogram persentase *reliability*

Hasil analisis menunjukan bahwa nilai R = 0,9995 atau nilai *reliability* adalah 99,95% sehingga dikatakan sudah memenuhi standar Telcordia karena tingkat keberhasilan diatas 95% dikategorikan handal. Dari hasil tersebut sistem informasi akademik SMK Ma'arif 1 Kebumen layak digunakan untuk mendukung pengelolaan akademik sekolah karena sistem tersebut telah lolos pada uji *reliability*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1) Sistem informasi akademik di SMK Ma'arif 1 Kebumen dibangun menggunakan *framework* bootstrap. Proses pengembangan berdasarkan model *Linier Sequential Model* (LSM) yang terdiri dari empat tahap yaitu, (i) analisis kebutuhan; (ii) desain sistem ; (iii) impelementasi; dan (iv) pengujian. Sistem informasi ini mengacu pada kurikulum 2013, mempunyai fitur diantaranya untuk pengelolaan nilai, jadwal pelajaran, absensi, materi atau tugas, dan diskusi antara guru dengan siswa.

2) Sistem informasi akademik lolos dalam uji kualitas perangkat lunak berdasarkan ISO 9126 dengan tiga aspek penilaian yaitu functionality, usability, dan reliability.

Aspek *functionality* 100% fungsi dapat berjalan dengan benar dan diperoleh nilai functionality 1 baik. Aspek *usability*, rata-rata atau mean dari *usefulness* adalah 3,57 dari skala 1 sampai dengan 4 dan termasuk kategori sangat bermanfaat menurut guru dan 3,57 dengan kategori sangat bermanfaat menurut siswa. Pada indikator *ease of use*, menurut guru diperoleh *mean* 3,42 dengan kategori sangat mudah digunakan dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,87 dengan kategori sangat mudah digunakan. Pada indikator *ease of learning*, menurut guru diperoleh *mean* 3,15 dengan kategori mudah dipelajari dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,65 dengan kategori sangat mudah dipelajari. Pada indikator *satisfaction*, menurut guru diperoleh mean 3,50 dengan kategori sangat memuaskan dan menurut siswa diperoleh *mean* 3,37 dengan kategori sangat memuaskan. Aspek *reliability* diperoleh nilai 99,95% dan termasuk kategori handal.

DAFTAR RUJUKAN

Asthana, A., & Olivieri, J. (2009*). Quantifying Software and Readiness, in Communications Quality and Reliability. IEEE International Workshop Technical Committee on*, 2009, pp.1-6

Edward Sallis, 2006. *Total Quality Managementin Education.* Jogjakarta: IRCiSoD. ISO/IEC. (2002). *Software Engineering: Product Quality- Part 2 – External Metric*. Canada: International technical report

Lund, A.M. (2001). *Measuring Usability with the USE Questionnaire.* http://garyperlman.com/quest/quest.cgi?form=USE. Diakses tanggal 12 April 2016, jam 20.30 WIB

Nanang, Tasunar. 2006. *Kualitas Pelayanan sebagai Strategi Menciptakan Kepuasan pada Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Morodemak*. Jurnal Sains Pemasaran Indonesia, Vol. V, No. 1 Mei 2006, h. 41-62.

Pressman, R.S. (2001*). Software Enginering A Practitioner's Approach*. New York: Thomas Casson.

Stair, M. Ralph, George W. Reynolds. (2010). *Principles of Information Systems: A Managerial Approach*. (9th edition). Australia: Thomson Course Technology.

Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta

SNPTE

Seminar Nasional
Pendidikan Teknik Elektro

9 770216 034106