

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kegiatan belajar yang lebih berpusat pada peserta didik (*student centered*), dijadikan pendekatan dalam proses pembelajaran (Cech & Bures, 2004) untuk mencari pengetahuan sebagai sumber informasi sehingga terus belajar aktif dan cerdas dengan menggunakan berbagai jenis media serta teknologi. Proses pembelajaran yang dimaksud tidak lagi bergantung penuh pada guru atau instruktur dalam kelas, (Awidi, 2008). Pendekatan yang berpusat pada siswa mencakup program pembelajaran yang lebih aktif, kooperatif, tetapi mandiri di mana siswa bertanggung jawab atas kemajuannya, (Mascolo, 2009). Menggunakan pendekatan ini menciptakan lingkungan yang berbeda, di mana siswa memiliki keunggulan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan guru tradisional, (Mascolo, 2009). Pembelajaran adalah suatu kombinasi yang terdiri dari unsur manusiawi, materi, fasilitas pendukung serta perlengkapan dan prosedur yang saling mempengaruhi dalam mencapai tujuan pembelajaran (Siedentop et al., 2019). Proses interaksi antara peserta didik dengan lingkungannya merupakan hakekat pembelajaran sehingga hasil yang diharapkan terjadi perubahan tingkah laku ke arah yang lebih baik, (Zimmerman, 2011). Ada banyak faktor internal maupun eksternal yang mempengaruhi proses dan keberhasilan pembelajaran, yakni; integrasi teknologi, peran guru, perpustakaan dan evaluasi terhadap sistem pendidikan yang telah berjalan, (Lawless & Pellegrino, 2007).

Pendidik profesional menurut UU Guru dan Dosen No.14 tahun 2005 adalah orang dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar dan pendidikan menengah. Kegiatan pembelajaran diarahkan untuk memberdayakan semua potensi yang dimiliki oleh peserta didik, (Cleary & Zimmerman, 2004);(Arbuthnott, 2009). Berharap agar peserta didik memiliki kompetensi melalui upaya menumbuhkan serta mengembangkan sikap atau perilaku, pengetahuan atau kognitif dan keterampilan

atau kompetensi, (Siswanto et al., 2019). Kualitas yang harus direalisasikan adalah unsur kreatif, berjiwa mandiri, bekerja sama, solidaritas dan empati, kepemimpinan, toleransi dan kecakapan hidup peserta didik guna membentuk watak serta meningkatkan peradaban dan martabat bangsa, (Kartikawati, 2019).

Tuntutan kompetensi sarjana di abad 21 seorang pekerja dapat dikategorikan kedalam 1). Berfikir kritis dan mampu menyelesaikan persoalan; 2) Mempunyai ketrampilan berkomunikasi; dan 3) Ketrampilan kreativitas dan inovasi. (Mardhiyah et al., 2011). Menjadi sebuah tuntutan dan kompetensi seorang pekerja dalam berinteraksi, beradaptasi serta bekerja sama dengan baik yang didukung dengan *social skills* yang baik pula, (Baron & Markman, 2000). Di era industri 4.0 persaingan robot-manusia dapat dimenangkan manusia dengan mengoptimalkan *social skills* yang dimiliki, (Deming, 2017).

Abad 21 merupakan abad dengan kecanggihan *Information and Communication Technology* (ICT) yang akurat, cepat dan seolah-olah dunia ini tanpa batas, tanpa sekat dari informasi dari belahan dunia. Abad 21 juga ditandai dengan: 1). Informasi dan komunikasi dapat dilakukan dengan mudah dimanapun dan kapanpun; 2). Cepatnya komputasi dalam setiap kegiatan perindustrian; 3). Pekerjaan manusia banyak digantikan dengan robot (Otomasi); dan 4). Komunikasi tanpa batas yang dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja, (Kemdikbud, 2013). Walaupun abad 21 baru berjalan satu dekade, tapi abad 21 sudah menunjukkan beberapa indikator yang merupakan abad pengetahuan, abad ekonomi, abad teknologi dan komunikasi, globalisasi dalam segala hal dan revolusi industri 4.0. Kondisi perubahan yang begitu cepat ini apabila bisa dimanfaatkan dan dihadapi dengan baik, maka peran lembaga pendidikan tidak akan kehilangan fungsi dalam menghasilkan lulusan yang siap di dunia Industri.

Berdasarkan rumusan hasil evaluasi dan workshop kurikulum KKNI Universitas Islam 45 Bekasi maka Program Studi Teknik Elektro melanjutkan peninjauan dan pengembangan kurikulum KKNI (Sailah et al., 2014) yang mengacu kepada Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2012. Pedoman penyusunan lain juga mengacu pada Amanat Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 Pasal 35 ayat 2 tentang kurikulum menyebutkan bahwa Kurikulum Pendidikan Tinggi dikembangkan oleh setiap Perguruan Tinggi dengan mengacu pada Standar

Nasional Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti, 2015) untuk setiap Program Studi yang mencakup pengembangan kecerdasan intelektual, akhlak mulia, dan keterampilan.

Selanjutnya tim perumus kurikulum menyusun dokumen kurikulum mulai dari profil lulusan, kompetensi, Bahan Kajian (BK), kedalaman bahan kajian, struktur kurikulum, Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan strategi pembelajaran yang dipakai.

Dalam dokumen kurikulum KKNi Teknik Elektro S1 Universitas Islam 45 Bekasi ada dua konsentrasi yang diperuntukkan mahasiswa di semester 5 untuk memilih sesuai minat dan motivasi masing-masing. *Konsentrasi pertama*, adalah Teknik Telekomunikasi dengan profil: perencana jaringan seluler, adapun dari deskripsi perencana jaringan seluler berperan dalam proses pembangunan jaringan telekomunikasi seluler. Ruang lingkup dasar kepakaran yang dimiliki oleh perencana jaringan seluler meliputi perencana antenna, transmisi, lalu lintas data, sistem komunikasi, standar & regulasi serta kinerja jaringan. *Konsentrasi kedua*, Teknik Kendali dengan profil: perencana sistem kendali cerdas terdistribusi, adapun deskripsi perencana sistem pengendali cerdas terdistribusi berperan dalam pembangunan sistem agen mandiri yang mampu melakukan proses pengendalian secara cerdas. Ruang lingkup aspek dasar kepakaran yang dimiliki oleh perencana sistem pengendali cerdas terdistribusi meliputi perencana *telemetry system*, *industry otomation*, manajemen sistem kendali, diperlukan beberapa subsistem penyusun SCADA tenaga listrik, dan kendali terdistribusi.

Evaluasi kurikulum yang dilakukan 3 tahun sekali memberikan gambaran konsentrasi terhadap terhadap 2 konsentrasi tersebut, bahwa dominasi pemilihan konsentrasi antara Teknik Telekomunikasi dan Teknik Kendali ditunjukkan pada Tabel 1.1:

Tabel 1.1 Peminatan Teknik Telekomunikasi dan Kendali

NO	Angkatan	T. Telekomunikasi	T. Kendali
	2013	3	34
	2014	7	23
	2015	2	28
	2016	14	8
	2017	5	30
	2018	6	36

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 1.1 menunjukkan pemilihan konsentrasi Prodi Teknik Elektro S1 didominasi oleh Teknik Kendali. Dari hasil wawancara dengan sejumlah mahasiswa dari berbagai angkatan menunjukkan (mengikuti Tabel 1.1) penyebab dominan dari pemilihan konsentrasi tersebut disebabkan oleh peluang kerja dalam bidang kendali yang belakangan berkembang pesat dikawasan Industri Bekasi, Tambun, Cikarang, dan Cibitung. Sebagai contoh: *Industry Control System (ICS)* yang mencakup beberapa sistem kendali bersinergi dengan instrumentasi yang digunakan dalam variabel proses serta kendali proses, (Ellis, 2015);(Babu et al., 2017). Dalam perkembangannya ICS dapat diimplementasikan dalam ukuran besar yakni SCADA, *Distribution Control System (DCS)* dan *Programmable Logic Controllers (PLC)*. (Babeshko et al., 2008);(Macaulay & Singer, 2011).

Terkait dengan peluang kerja yang banyak diminati oleh mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1 konsentrasi Teknik Kendali, kurikulum KKNI telah menempatkan satu mata kuliah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi dengan kode TEK2707. Mata kuliah ini berisi tentang SCADA yaitu mata kuliah tentang pengendalian sistem dan pengambilan data pada suatu proses industri di mana peran manusia atau operator menjadi penting dalam pengawasannya. Untuk mendukung fungsi SCADA dalam implementasi pada sistem kendali, dibutuhkan subsistem penyusun SCADA diantaranya; 1). *Human Machine Interface (HMI)*; 2). *Master Terminal Unit (MTU)*; 3). *Remote Terminal Unit (RTU)*; 4). PLC; 5). Sistem Komunikasi (Antar MTU dan RTU); 6). *Data Acquisition*, (Ebata et al., 2000). Sebelum menempuh mata kuliah ini pada semester 7, mahasiswa wajib menempuh mata kuliah Laboratorium Otomasi Berbasis PLC dengan kode TEK2605, mata kuliah ini berisi tentang PLC, di mana definisi dari ketiga kata penyusun menurut (Mader, 2000) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) *Programmable*, sejumlah perintah yang dapat dimodifikasi fungsi atau kegunaannya dan tersimpan dalam memori perangkat.
- b) *Logic*, indikator yang menunjukkan kemampuan dalam memproses sejumlah input secara *Aritmetik dan Logic (ALU)*. Proses yang dilakukan secara *logic* tersebut dapat berupa menjumlah, mengurangi, mengalikan, membagi, AND dan OR.
- c) *Controller*, kemampuan dalam mengendalikan, mengatur sejumlah proses sehingga menghasilkan output sesuai dengan program yang diberikan.

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Adapun materi tentang PLC dapat terbagi ke dalam Tabel 1.2 sebagai berikut:

Tabel 1.2 Materi Perkuliahan Laboratorium Otomasi Berbasis PLC

No	Materi Laboratorium Otomasi Berbasis PLC
1	Sistem Kendali PLC
2	Teknik Pemrograman PLC
3	Logika Dasar
4	Logika Kombinasi
5	On off Holding
6	Logika Lanjut
7	Pengendalian Timer (on off)
8	Pengendalian Motor
9	Pengendalian Konveyor
10	Counter
11	Aplikasi Counter
12	Fungsi DIFU dan DIFD

Tabel 1.2 menjelaskan materi tentang PLC yang ditempuh selama satu semester. Materi kuliah yang tercantum pada Tabel 1.2 diambil dari referensi SKKNI No. 631 tahun 2016 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Mesin dan Perlengkapan yang Tidak diklasifikasikan di Tempat Lain (YTDL) Bidang Otomasi Industri. Dalam dokumen tersebut terdapat judul unit kompetensi “Mengoperasikan PLC dengan kode unit C.282900.005.01”,(Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2016).

Lampiran SKKNI No. 631 tahun 2016 terdapat pada link google drive:

<https://bit.ly/SKKNINo631tahun2016>

Untuk mewujudkan kompetensi yang bersifat kognitif dan motorik, mata kuliah Laboratorium Otomasi Berbasis PLC ini ditempuh dengan komposisi teori 60% dan praktek 40%.

Hasil evaluasi lain terkait dengan materi pada Tabel 1.2 dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana capaian kemampuan kognitif yang diperoleh mahasiswa selama satu semester. Materi pada Tabel 1.3 diujikan kepada mahasiswa sebanyak 17 orang untuk Reguler B1 dan B2. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kemampuan sebagian besar mahasiswa dalam penguasaan materi tersebut masih terbilang rendah. Materi uji yang diberikan dalam bentuk soal

essay dengan penskoran nilai 1-4 berdasarkan indikator berfikir kreatif. Adapun hasil uji secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.3 di bawah ini:

Tabel 1.3 Hasil Uji *Pre Test* Materi PLC Kelas Reg B1 dan B2

No	Nilai Rerata Pre Test Kelas Reguler B1	Nilai Rerata Pre Test Kelas Reguler B2
1	2.50	2.80
2	2.50	2.55
3	2.00	2.00
4	2.00	2.00
5	2.50	2.85
6	2.75	2.90
7	2.80	2.50
8	2.90	2.90
9	2.30	2.50
10	2.85	3.00
11	2.85	2.90
12	2.90	2.95
13	3.00	3.00
14	3.00	3.00
15	2.25	2.40
16	2.30	2.45
17	2.20	2.50

Tes kemampuan berfikir kreatif pada 34 mahasiswa juga dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan setiap soal yang diberikan. Indikator yang digunakan terkait dengan tes kemampuan berfikir kreatif menggunakan 4 kriteria (Tifani, 2018), yakni:

- a) Berpikir lancar (*fluent thinking*) adalah kemampuan seseorang yang ditunjukkan dengan lancar dalam menjawab pertanyaan berupa ide atau gagasan.
- b) Berpikir luwes (*flexible thinking*) adalah kemampuan seseorang menjawab pertanyaan dengan alternatif jawaban lain
- c) Berpikir orisinal (*original thinking*) adalah kemampuan seseorang melahirkan ide atau gagasan unik hasil dari kombinasi unsur lain.
- d) Keterampilan elaborasi (*elaboration ability*) adalah kemampuan seseorang dengan mengelaborasi, mengembangkan dari suatu ide.

Hasil yang didapat berdasarkan tes awal, observasi dan wawancara menunjukkan bahwa kemampuan berfikir kreatif mahasiswa teknik elektro semester 6 dalam pemecahan soal-soal evaluasi terlihat rendah, apalagi indikator berfikir kreatif pada

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

ranah *Elaboration ability* dengan nilai rerata 53,75 untuk Reguler B1 dan 56,50 untuk Reguler B2.

Tabel 1.4 Indikator Berfikir Kreatif

No	Indikator Berfikir Kreatif	Nilai Rerata	
		Reguler B1	Reguler B2
1	<i>Fluent thinking</i>	57	58
2	<i>Flexible thinking</i>	55	59
3	<i>Original thinking</i>	53	55
4	<i>Elaboration ability</i>	50	54

Rendahnya penguasaan materi tentang PLC, teknik pemrograman dan aplikasi PLC dalam perkuliahan serta kemampuan berfikir kreatif mahasiswa teknik elektro disebabkan oleh beberapa hal: 1). Kondisi perkuliahan di saat pandemi covid 19 pembelajaran bersifat daring, sehingga dalam penyampaian materi terkesan hanya dosen yang aktif (satu arah), walaupun sebenarnya dalam setiap perkuliahan selalu diketengahkan diskusi-diskusi, tanya jawab dan tugas berbasis proyek; 2). Kondisi pandemi covid 19 juga mengharuskan praktikum hanya dilakukan seminggu sekali secara bergantian dalam satu waktu. Hal ini menyebabkan kuantitas dan kualitas pembelajaran praktikum kurang dari kapasitas semestinya; 3). Kondisi peralatan praktikum masih minim dari segi jumlah, hal ini terlihat perbandingan perangkat pembelajaran praktikum PLC, 1 alat berbanding 6 mahasiswa untuk Reguler B, idealnya dalam sebuah pembelajaran praktikum 1 alat berbanding 2 mahasiswa; 4). Hasil observasi yang dilakukan terhadap petunjuk praktikum masih bersifat manual praktis, artinya dalam petunjuk praktikum tidak memberikan atau tidak merangsang pembelajaran yang bersifat kreatif dalam pemecahan masalah. Mahasiswa juga hanya diberikan petunjuk praktis dengan tanpa diberikan tugas besar berbasis *Project-Based Learning* (PjBL). Dalam pembelajaran PjBL, mahasiswa dituntut belajar sistematis dalam menggali pengetahuan (*inquiry*) yang panjang dan terstruktur terhadap permasalahan yang kompleks/rumit untuk mewujudkan tugas besar yang dirancang dengan sangat hati-hati dan teliti; 5). Materi perkuliahan masih bersumber pada dosen pengajar, tataran praktis pada berbagai studi kasus tentang aplikasi PLC baik dalam bentuk proyek maupun simulasi kurang diketengahkan pada setiap pembelajaran; 6). Perkuliahan Reguler B yang diselenggarakan pukul 18.30–22.00 WIB memberatkan mahasiswa terutama bagi yang sambil bekerja, karena memang sangat tergantung minat motivasi yang tinggi untuk menyelesaikannya; 7).

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Perkuliahan reguler B mempunyai keterbatasan waktu dalam eksplorasi terhadap mata kuliah praktikum. Idealnya 1 (satu) SKS pada proses pembelajaran berupa praktikum, praktik studio, praktik bengkel, praktik lapangan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, dan/atau proses pembelajaran lain yang sejenis, 170 (seratus tujuh puluh) menit per minggu per semester, (Permenristekdikti No. 44 Tahun 2015, 2015). Namun kenyataannya, hasil evaluasi mata kuliah dengan bobot praktikum hanya bisa dilaksanakan 1 (satu) SKS dengan 50 menit perminggunya.

Kondisi peralatan laboratorium yang jauh dari harapan semestinya, menjadi salah satu penyebab betapa lulusan dari Prodi Teknik Elektro S1 tidak mampu bersaing dalam perebutan peluang kerja yang ada di Industri. Ada beberapa indikator dari lulusan yang sulit memenangkan peluang kerja dalam bersaing di Industri, diantaranya, tidak mempunyai *skills* yang dibutuhkan, kemampuan berfikir kreatif yang tidak terlihat, kemampuan menyelesaikan persoalan (*problem solving*) yang tidak terlihat, kemampuan beradaptasi dengan teknologi yang belum nampak dan kurangnya penguasaan bahasa Inggris, (Pandey & Pandey, 2014); (Bruwer, 1999).

Laboratorium Kendali merupakan laboratorium pembelajaran sistem kendali otomatis meliputi mata kuliah sistem kendali dan praktikum sistem, (Golnaraghi & Kuo, 2017). Laboratorium juga telah mengembangkan penelitian yang berfokus baik pada teori maupun aplikasi teknologi kendali meliputi sistem identifikasi, sistem kendali cerdas, komputasi dan aplikasi otomasi di dunia Industri berbasis PLC dengan HMI, (Macaulay & Singer, 2011). Beberapa fasilitas di Laboratorium meliputi unit peralatan PLC, didukung pula dengan peralatan sistem elektro pneumatik, DC servo maupun AC servo motor *trainer*, *Intelligent Robot (IR) trainer* maupun *Automatic Production Line Trainer (APLT)*.

Perkembangan teknologi otomasi di Industri telah mengarah pada sistem kendali berbasis HMI sehingga memudahkan sistem monitoring oleh pengguna, (Normanyo et al., 2014). Sistem kendali otomatis berbasis HMI mengedepankan teknik monitoring secara *real time* kinerja area melalui layar monitor atau *Liquid Crystal Display (LCD)*. Kemudahan proses pengawasan/monitoring, pengendalian dan pengambilan keputusan dari jarak tertentu dapat terjadi bila terdapat suatu

penghubung atau yang sering disebut antarmuka (*interface*) antara operator, teknisi dan *Develope Engineer* dengan area atau mesin (*machine*) yang sedang beroperasi. Proses yang menghubungkan antara area produksi dan operator, teknisi dan *Develope Engineer* dapat berupa perangkat HMI, (Normanyo et al., 2014). Integrasi dari semua pengendalian dan pengambilan serta dalam pengawasan manusia atau operator disebut dengan istilah SCADA, (Gausshell & Darlington, 1987). Istilah inilah yang melatar belakangi dimasukkan satu mata kuliah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi dengan kode TEK2707 yang berisi tentang SCADA.

Hasil evaluasi mengenai kondisi peralatan laboraorium yang ada di Prodi Teknik Elektro S1 Universitas Islam 45 Bekasi dapat diperlihatkan pada Tabel 1.5 di bawah ini. Daftar pertanyaan identifikasi kondisi laboratorium diberikan kepada mahasiswa untuk mengungkapkan persepsi mereka selama mengikuti perkuliahan praktikum. Secara umum daftar pertanyaan identifikasi mengungkap kondisi jumlah dan peralatan laboratorium, waktu praktikum dan ruangan laboratorium yang tersedia.

Tabel 1.5 Kondisi Laboratorium Teknik Elektro

No	Identifikasi Kondisi Laboratorium	SK	K	C	B
1	Bagaimana jumlah peralatan praktikum?	81,4%	11,6%	7%	0%
2	Bagaimana waktu yang disediakan untuk praktikum?	88%	7%	4,7%	0%
3	Bagaimana update peralatan praktikum?	51,2%	7%	37,2%	4.7%
4	Bagaimana luas/jumlah ruang praktikum?	93%	7%	0%	0%

Keterangan:

SK = Sangat Kurang

K = Kurang

C = Cukup

B = Bagus

Berdasarkan angket, observasi dan wawancara mahasiswa sejumlah 43 orang, dapat dijelaskan 1). Jumlah peralatan praktikum yang kurang memadai, sebanyak 81,4 % mengatakan peralatan sangat kurang, 11,6% kurang, 7% cukup. Observasi lebih lanjut menjelaskan bahwa setiap perangkat pembelajaran praktikum digunakan untuk 6 orang dalam pelaksanaan pembelajarannya; 2). Waktu yang disediakan untuk praktikum sangat kurang, sebanyak 88% mengatakan sangat kurang. Terlebih lagi pelaksanaan perkuliahan RegulerB terbatas. Hasil wawancara dengan dosen pengajar praktikum menjelaskan untuk setiap 1 SKS berbobot 40

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

menit dalam pelaksanaannya; 3). Perkembangan peralatan praktikum hasil wawancara dan angket mahasiswa menunjukkan 51,2% sangat kurang, sementara 37% menunjukkan cukup, hal ini mungkin mahasiswa kurang memahami kondisi peralatan yang ada di Kampus lain. Sehingga mahasiswapun tidak punya bahan perbandingan dalam hal ini. Mahasiswa merasa bahwa peralatan praktikum adalah sesuatu hal yang baru baginya; 4). Hasil angket, wawancara dan observasi yang terakhir menunjukkan bahwa memang kondisi ruangan pratikum 93% sangat kurang, hal ini juga dibuktikan hasil observasi hanya terdapat 2 ruangan yang dipakai secara khusus oleh Prodi Teknik Elektro S1, padahal terdapat 2 konsentrasi Prodi Teknik Elektro S1 untuk setiap angkataannya. Akhirnya dapat disimpulkan dari beberapa indikator kondisi laboratorium di atas dapat menghambat cara berfikir kreatif mahasiswa selama mengikuti perkuliahan berbasis praktikum.

Lembaga pendidikan sangat perlu mengalokasikan dana untuk keperluan pengadaan peralatan laboratorium yang tidak murah. Terlebih lagi kampus swasta yang sangat bergantung keuangan dari satu sumber yaitu dari pembayaran mahasiswa. Wujud peralatan laboratorium berbasis SCADA berdasarkan harga dipasaran atau harga pabrikan tergolong mahal. Hal ini juga dirasakan beberapa kampus swasta lain yang mempunyai Prodi Teknik Elektro S1 konsentrasi kendali dan sejenisnya. Namun *pemberdayaan* potensi peserta didik harus tetap dilakukan dengan cara menyediakan laboratorium. Laboratorium dibutuhkan sebagai sarana peningkatan pengetahuan dan ketrampilan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran atau sains, (Hofstein & Lunetta, 2004). Laboratorium merupakan salah satu prasarana pembelajaran yang dapat digunakan sebagai tempat untuk melatih peserta dalam memahami konsep-konsep dan meningkatkan keterampilan dalam melakukan percobaan ilmiah, (Karsli & Ayas, 2014). Upaya yang dilakukan segenap manajemen prodi, Fakultas dan Universitas terkait dengan keterbatasan sumber dana untuk mewujudkan laboratorium adalah dengan desain perangkat pembelajaran praktikum berbiaya rendah/*Low-Cost Laboratory* (LCL), (Berman et al., 2021). Beberapa hal yang mendasari ide dan pemikiran lahirnya LCL selain tersebut adalah 1). Tataran teoritis dari sebuah keilmuan kendali yang telah disepakati dalam memenuhi Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) melalui praktikum, (Kunicina et al., 2019). Hal ini bertujuan secara khusus untuk

standarisasi, solusi terhadap kendala anggaran, dan sumber daya yang terbatas, (Dixon et al., 2002). 2). Keterbatasan ruangan, seiring meningkatnya jumlah mahasiswa yang menempati ruangan laboratorium menjadi ruang kelas, 3). Minimnya anggaran laboratorium, ukuran tempat yang kecil dan jauh dari infrastruktur untuk pengadaan laboratorium yang layak, kondisi inilah yang akhirnya harus merumuskan kembali tujuan pendidikan, peran laboratorium dalam proses pendidikan dan dalam menunjang penelitian-penelitian terkait, (Feisel & Rosa, 2005). 4). Peralatan laboratorium yang mahal dan kurang *upto date* seiring perkembangan teknologi industri.

Studi lain berupa penajakan terkait konsentrasi Teknik Kendali Program Studi Teknik Elektro, mata kuliah tentang SCADA, ketersediaan petunjuk praktikum dan perangkat pembelajaran praktikum SCADA serta asumsi penting dan tidaknya teknologi SCADA terhadap alumni. Kuisisioner dibagikan pada hari Selasa tanggal 10 Januari 2022 pada pukul 18.19 di Grup FORTEI OFFICIAL. Grup tersebut merupakan asosiasi Program Studi Teknik Elektro seluruh Indonesia yang beranggotakan 282 peserta. Pembagian kuisisioner tersebut dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana Implementasi SCADA pada Program Studi Teknik Elektro. Adapun hasil lengkap digambarkan pada Tabel 1.6 sebagai berikut

Tabel 1.6 Penjajakan Konsentrasi Jurusan, Mata Kuliah, Petunjuk Praktikum dan Perangkat pembelajaran Praktikum SCADA pada Program Studi

No	Nama Perguruan Tinggi	Apakah pada Program Studi Teknik Elektro Anda konsentrasinya pada Teknik Kendali?	Apakah terdapat salah satu sebaran mata kuliah dalam kurikulum berisi tentang SCADA dan implementasinya?	Dalam Program Studi Teknik Elektro Anda apakah sudah memiliki petunjuk praktikum tentang SCADA?	Berapa jumlah perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Elektro Anda?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran Praktikum SCADA, apakah dikarenakan harga alat yang cenderung mahal?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran SCADA, Apakah ada upaya untuk mendesign sendiri perangkat pembelajaran praktikum SCADA?	Apakah penting pemahaman SCADA terhadap alumni mahasiswa Teknik Elektro dalam dunia kerja?
1	Universitas Islam 45 Bekasi	Ya	Ya	Ya	4	Ya	Tidak	Ya
2	No Name	Ya	Ya	Ya	2	Ya	Ya	Ya
3	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Ya	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Tidak	Ya
4	Institut Teknologi Indonesia	Ya	Ya	Tidak	2	Ya	Ya	Ya
5	UIN Suska Riau	Ya	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
6	Universitas Mercu Buana	Ya	Ya	Ya	8	Tidak	Tidak	Ya
7	Universitas Semarang	Ya	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Tidak	Ya
8	Universitas Negeri Medan	Ya	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
9	Universitas Bhayangkara Surabaya	Ya	Tidak	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
10	Universitas Siliwangi	Ya	Ya	Tidak	0	Ya	Ya	Ya
11	Universitas Nusa Cendana	Ya	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
12	Universitas Multimedia Nusantara	Ya	Ya	Ya	1	Ya	Ya	Ya
13	ITP PADANG	Ya	Ya	Ya	12	Ya	Ya	Ya
14	UNDIP	Ya	Ya	Tidak	tidak ada praktikum	Tidak	Tidak	Ya

No	Nama Perguruan Tinggi	Apakah pada Program Studi Teknik Elektro Anda konsentrasinya pada Teknik Kendali?	Apakah terdapat salah satu sebaran mata kuliah dalam kurikulum berisi tentang SCADA dan implementasinya?	Dalam Program Studi Teknik Elektro Anda apakah sudah memiliki petunjuk praktikum tentang SCADA?	Berapa jumlah perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Elektro Anda?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran Praktikum SCADA, apakah dikarenakan harga alat yang cenderung mahal?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran SCADA, Apakah ada upaya untuk mendesign sendiri perangkat pembelajaran praktikum SCADA?	Apakah penting pemahaman SCADA terhadap alumni mahasiswa Teknik Elektro dalam dunia kerja?
15	Universitas Trunojoyo Madura	Ya	Tidak	Tidak	Tidak ada	Ya	Ya	Ya
16	Universitas Brawijaya	Ya	Ya	Tidak	Tidak ada	Tidak	Tidak	Ya
17	Sekolah Tinggi Teknologi Bontang (STITEK)	Ya	Ya	Ya	Hanya 1 perangkat pembelajaran praktikum Kami ada bbrp perangkat pembelajaran SCADA namun tidak digunakan untuk praktikum terprogram	Ya	Tidak	Ya
		Ya	Ya	Tidak		Ya	Ya	Ya
18	Universitas Brawijaya							
19	Institut Teknologi PLN	Ya	Ya	Tidak	Belum ada,	Ya	Tidak	Ya
20	Universitas Negeri Malang	Ya	Ya	Ya	3	Ya	Ya	Ya
21	ITPLN	Tidak	Ya	Tidak	Tidak ada	Ya	Ya	Ya
22	Universitas Darul Ulum	Tidak	Ya	Tidak	0	Ya	Ya	Ya
23	Univ. Maritim Raja Ali Haji	Tidak	Tidak	Tidak	-	Ya	Ya	Ya
24	Universitas Nusa Cendana	Tidak	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
25	Universitas Semarang	Tidak	Ya	Tidak	0	Ya	Ya	Ya
26	Universitas Trunojoyo Madura	Tidak	Ya	Ya	Tidak ada	Ya	Ya	Ya
27	Universitas Brawijaya	Tidak	Tidak	Ya	4	Tidak	Tidak	Ya

Setyo Supratno, 2023

LOW-COST LABORATORY (LCL) SISTEM SCADA TEKNIK ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN HIGHER ORDER THINKING SKILLS (HOTS) PADA RANAH BERFIKIR KREATIF

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No	Nama Perguruan Tinggi	Apakah pada Program Studi Teknik Elektro Anda konsentrasinya pada Teknik Kendali?	Apakah terdapat salah satu sebaran mata kuliah dalam kurikulum berisi tentang SCADA dan implementasinya?	Dalam Program Studi Teknik Elektro Anda apakah sudah memiliki petunjuk praktikum tentang SCADA?	Berapa jumlah perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Elektro Anda?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran Praktikum SCADA, apakah dikarenakan harga alat yang cenderung mahal?	Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran SCADA, Apakah ada upaya untuk mendesign sendiri perangkat pembelajaran praktikum SCADA?	Apakah penting pemahaman SCADA terhadap alumni mahasiswa Teknik Elektro dalam dunia kerja?
28	Universitas Katolik Soegijapranata Universitas Muhammadiyah	Tidak	Tidak	Ya	Satu	Ya	Ya	Ya
29	Lampung	Tidak	Ya	Tidak	Belum ada	Ya	Ya	Ya
30	Institut Teknologi Nasional Bandung	Tidak	Ya	Ya	3	Tidak	Ya	Ya
31	Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto	Tidak	Tidak	Tidak	0	Tidak	Tidak	Tidak
32	Universitas Negeri Malang Universitas Muhammadiyah	Tidak	Ya	Ya	5	Ya	Ya	Ya
33	Semarang	Tidak	Ya	Tidak	Tidak ada	Ya	Tidak	Ya
34	Universitas Al Azhar Indonesia	Tidak	Tidak	Tidak	Belum ada	Tidak	Tidak	Ya
35	Untirta	Tidak	Tidak	Tidak	Belum ada	Ya	Tidak	Ya
36	Universitas Yuppentek Indonesia	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak ada	Tidak	Tidak	Ya
37	Universitas Udayana	Tidak	Ya	Tidak	0	Tidak	Tidak	Ya
38	Universitas Muhammadiyah Sidoarjo	Tidak	Ya	Tidak	Baru pengajaran	Ya	Ya	Ya
39	Universitas Indonesia	Tidak	Ya	Tidak	0	Ya	Tidak	Ya

Tabel 1.6 memberikan analisa kepada penulis, point satu dari pertanyaan “*Apakah pada Program Studi Teknik Elektro Anda konsentrasinya pada Teknik Kendali?*”. dari 39 responden memberikan jawaban 20 mengatakan “Iya” dan 19 mengatakan “tidak”. Analisis yang didapat konsentrasi Teknik Kendali cukup memberikan ruang bagi Program Studi Teknik Elektro seluruh Indonesia.

Selanjutnya pertanyaan kedua “*Apakah terdapat salah satu sebaran mata kuliah dalam kurikulum berisi tentang SCADA dan implementasinya?*”. Sebanyak 30 responden mengatakan “Iya”. Analisa penulis memberikan ulasan terkait pertanyaan no 1, bahwa teknologi SCADA sudah diberikan di 30 responden Program Studi Teknik Elektro, walaupun 19 dari 39 responden tidak pada konsentrasi Teknik Kendali. Hal ini menjadi mutlak bahwa teknologi SCADA menjadi penting untuk dikuasai oleh mahasiswa Program Studi Teknik Elektro.

Pertanyaan ketiga “*Dalam Program Studi Teknik Elektro Anda apakah sudah memiliki petunjuk praktikum tentang SCADA?*”. Terdapat 12 responden yang mengatakan “Iya” mempunyai petunjuk praktikum SCADA dari 30 responden yang menyatakan bahwa materi SCADA diberikan kepada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro. Analisa lain juga menunjukkan petunjuk praktikum yang dimaksud hanya bersifat simulasi.

Pertanyaan keempat “*Berapa jumlah perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Elektro Anda?*” pertanyaan ini terkait dengan kemampuan Program Studi Teknik Elektro menyediakan perangkat pembelajaran praktikum SCADA. Dari 30 responden yang memberikan materi tentang SCADA hanya 12 responden yang mempunyai petunjuk praktikum SCADA (simulasi) dan pada analisa pertanyaan keempat ini, dari 12 responden tersebut mempunyai rata-rata 4 perangkat pembelajaran praktikum SCADA. Jumlah perangkat pembelajaran praktikum SCADA tertinggi pada Universitas Mercubuana dengan 8 dan ITP Padang 8. Delapan Universitas lain berkisar di angka 5,4,3,3,2,1, dan 0).

Pertanyaan kelima “*Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran Praktikum SCADA, apakah dikarenakan harga alat yang cenderung mahal?*”. Dari 30 responden pada analisa point 2 mempunyai sebaran

mata kuliah, dan mengatakan perangkat pembelajaran praktikum SCADA terbilang mahal.

Pertanyaan keenam *“Jika Program Studi Teknik Elektro Anda tidak memiliki perangkat pembelajaran praktikum SCADA, Apakah ada upaya untuk mendesign sendiri perangkat pembelajaran praktikum SCADA?”* memberikan gambaran dari 30 responden point 2, mengatakan tidak mendisain perangkat pembelajaran praktikum SCADA dikarenakan sudah mempunyai perangkat pembelajaran praktikum dan petunjuknya serta sebagian besar mengatakan “Iya” karena tidak mempunyai perangkat pembelajaran praktikum.

Pertanyaan ketujuh *“Apakah penting pemahaman SCADA terhadap alumni mahasiswa Teknik Elektro dalam dunia kerja?”* dari 38 responden mengatakan sangat penting teknologi SCADA untuk alumninya, dan 1 responnden mengatakan tidak penting karena Program Studi Tekniknya tidak memberikan materi tentang SCADA.

Dari paparan diatas dapat disimpulkan kehadiran Teknologi SCADA bagi dunia Industri sangat penting, bahkan dari 30 responden sudah memberikan materi SCADA untuk mahasiswanya, padahal dari 39 responden hanya 20 yang mempunyai konsentrasi Teknik Kendali. Hal ini berarti teknologi SCADA tidak mutlak untuk konsentrasi Teknik Kendali. Sedangkan kebutuhan petunjuk praktikum banyak dipakai pada Program Studi yang memberikan materi SCADA. Total ada 12 Program Studi dari 30 Program Studi yang mempunyai petunjuk praktikum. Untuk dukungan perangkat pembelajaran Praktikum SCADA masih jauh dari dukungan institusi, hanya 2 Universitas yang mempunyai 8 perangkat pembelajaran praktikum SCADA yaitu Universitas Mercubuana dan 12 perangkat pembelajaran praktikum SCADA ITP Padang. Alasan yang dikemukakan karena mahalnya perangkat pembelajaran praktikum SCADA namun sudah ada usaha untuk membuat sendiri.

Inisiatif yang muncul dari penulis terkait perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang mahal, maka penulis menyarankan untuk mendisaian sendiri kebutuhan perangkat pembelajaran praktikum yang dimaksud.

Telaah jurnal dengan kata kunci *“Implementasi SCADA”* dilakukan dengan perangkat Publish or Perish 7.19.2739.7407 pada data base Scholer menemukan 36

paper rentang waktu 2005-2023 berupa implementasi atau rancang bangun. Sedangkan telaah jurnal dengan kata kunci “SCADA Implementasi” pada data base Scopus menemukan 118 paper rentang 1979-2023 berupa rancang bangun, prototipe, tugas akhir dan aplikasi di Industri. Kesimpulan akhir kegiatan telaah jurnal pada dua data base diatas melahirkan ide pembuatan perangkat pembelajaran praktikum berbasis teknologi SCADA.

Lihat lampiran hasil telaah jurnal:

https://bit.ly/Telaah_Jurnal_data_base_Scholar

https://bit.ly/Telaah_Jurnal_data_base_Scopus

Hasil studi yang bersumber dari FORTEI diatas dan telaah jurnal menginisiasi penulis untuk mewujudkan LCL sistem SCADA teknik elektro sebagai kebaruan penelitian dalam bentuk perangkat pembelajaran praktikum pembelajaran.

Definisi dan ruang lingkup LCL mengacu kepada beberapa hal:

- 1) LCL dibuat dengan mengedepankan sisi ekonomis yakni mendesain sendiri perangkat pembelajaran praktikum dengan memperhatikan materi atau capaian pembelajaran (CPMK) yang ingin dicapai, (Sinaga et al., 2021). Desain diawali dengan mengumpulkan sejumlah referensi baik dari perangkat pembelajaran praktikum yang sudah ada dari pabrikan maupun dari desain perangkat pembelajaran praktikum lama yang telah ada. Desain yang telah dibuat memungkinkan anggaran yang dikeluarkan jauh lebih kecil dibanding dengan perangkat pembelajaran praktikum buatan pabrik. Sisi lain dari perangkat pembelajaran praktikum ini adalah bahwa materi yang ditentukan sesuai dengan kebutuhan RPS.
- 2) LCL dibuat dengan memanfaatkan paket-paket perangkat pembelajaran yang tersedia, (Gunasekaran & Potluri, 2012), dimana paket-paket perangkat pembelajaran tersebut sengaja dibuat oleh pabrikan berdasarkan satu fungsi yang ditanamkan didalamnya, (Reck & Sreenivas, 2015), seperti sensor pendeteksi panas, sensor pir sensor jarak dan lain-lain. Ada paket modul tertentu sebagai *motherboard* untuk mengintegrasikan antar modul dalam menjalankan satu fungsi atau lebih. Sebagai contoh modul-modul arduino, raspberry Pi dan lain-lain. Pengintegrasian antar modul ini jauh lebih murah dan fleksibel dalam penggunaannya, bahkan dalam pengamatan selama ini

mahasiswa memenuhi kebutuhan modul-modul praktikum tersebut secara mandiri untuk kebutuhan praktikum dan pembuatan tugas akhir yang dikerjakan di rumah masing-masing (Ma et al., 2010). LCL jenis ini juga memungkinkan kit dan peralatan yang dirangkai atau diintegrasikan bersifat portabel, berukuran kecil dan dapat ditempatkan di mana praktikum dilaksanakan, (Abdullah et al., 2018).

- 3) LCL dibuat dengan mempertimbangkan sarana infrastruktur yang ada, implementasi, pengembangan di beberapa aplikasi laboratorium jarak jauh, artinya dengan semaksimal mungkin memanfaatkan kondisi jaringan internet yang ada (*bandwith* rendah) untuk meningkatkan aksesibilitas pengalaman laboratorium bagi mahasiswa di kampus dan lokasi terpencil. Istilah LCL ini disebut dengan laboratorium jarak jauh (Reck & Sreenivas, 2015) yang memungkinkan terhindar dari perangkat lunak bermerek dan perangkat keras (*hardware*) yang mahal. LCL jarak jauh semacam ini juga fleksibel dan dapat dikonfigurasi berdasarkan arsitektur arduino mega dengan persyaratan *bandwith* rendah. Ada berbagai macam LCL model ini yang belakangan dikembangkan dengan berbagai faktor yakni: biaya murah, sambungan *bandwith* rendah, biaya perawatan rendah dan dukungan *e-learning*. Sebagai contoh salah satu jenis laboratorium ini adalah *telelab* kendali jarak jauh/*Automatic Control Telelab* (ACT), (Casini et al., 2003) dengan menggunakan jaringan internet yang memungkinkan mahasiswa untuk berinteraksi secara langsung dalam membuat desain kendali dengan menggunakan Matlab/Simulink (Catalba & Uyan k, 2017) menjalankan percobaan, mengubah parameter kendali dan menganalisa hasil dari percobaan tersebut.
- 4) LCL dalam bentuk laboratorium berfederasi merupakan laboratorium jarak jauh yang bisa digunakan secara bersama-sama atau dibagikan ke berbagai institusi. Dengan menggunakan perangkat kecil dan murah yang dapat mendukung terhadap beban tinggi pengguna, laboratorium berfederasi ini juga memungkinkan pengguna saling berbagi dalam penggunaan laboratotium bersama antar institusi, (Angulo et al., 2013). *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) (Bulusu, 2015) merupakan protokol yang digunakan dalam

laboratorium federasi ini, menyediakan administrasi panel, akses ke server lain yang bertugas sebagai entitas penyedia melakukan semua pekerjaan: mengautentikasi pengguna, memberinya otorisasi untuk menggunakan laboratorium, dan menyediakan laboratorium di sisi penyedia laboratorium. Latar belakang utama setiap institusi pendidikan yang tergabung dalam protokol federasi adalah keengganan dalam penggunaan dan perawatan server yang mahal.

- 5) LCL Virtual salah satu model laboratorium yang bisa dikategorikan pada bentuk penghematan dari segi biaya untuk pengadaan peralatan sesungguhnya, (Kusumaningsih et al., 2014);(Budai & Kuczmann, 2018). Laboratorium virtual terdiri dari peralatan dalam bentuk software komputer dengan tampilan multimedia interaktif. LCL Virtual menghadirkan pengguna/mahasiswa seolah-olah berada pada laboratorium yang sebenarnya. Laboratorium virtual membuka peluang kepada peserta didik untuk meningkatkan efektifitas dan kreatifitas (Tatli & Alipasa, 2012) dalam pembelajarannya karena dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja (Jaya, 2012). Peran laboratorium juga memberikan manfaat kepada peserta didik dan pihak sekolah terkait dengan kendala dalam pengadaan peralatan yang mahal.

Wujud nyata LCL untuk praktikum SCADA berupa desain yang diwujudkan dengan biaya murah dan terjangkau, (Allafi, 2017);(Armoniene et al., 2018). Hal ini terbukti dari perangkat pembelajaran praktikum SCADA yang beredar dipasaran harganya jauh lebih mahal untuk mendapatkannya. Selain murah pertimbangan lain adalah daya tahan LCL tersebut mampu digunakan dalam jangka waktu lama serta mudah dalam pemeliharannya. LCL sistem SCADA dibuat dengan dudukan portabel atau bongkar pasang setiap unit komponennya, hal ini memungkinkan mahasiswa bisa berkolaborasi, berintegrasi dengan modul bongkar LCL sistem SCADA yang lain, sehingga kreatifitas akan muncul untuk menghasilkan ide baru sistem SCADA dengan modul LCL ini. Perangkat pembelajaran yang dibuat memungkinkan mahasiswa berkreatifitas dengan hal-hal yang sederhana ke hal rumit dengan arahan dan pengawasan dosen. Memulai dengan hal sederhana, menyusun, merancang, menciptakan, mendesain, bahkan sampai dengan hal yang

rumit, mengkombinasikan, mengatur dan merencanakan, semua ini yang diharapkan dari petunjuk praktikum LCL berbasis kreatifitas.

Disisi lain, karakteristik mata kuliah kuliaah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi menuntut mahasiswa berfikir kreatif dalam setiap penyelesaian masalah. Berfikir kreatif atau *creative thinking* akan menghasilkan ide baru bahkan memberikan solusi atas suatu masalah yang dialami mahasiswa pada saat pembelajaran. Ide atau gagasan baru, hasil dari modifikasi, mengelaborasi dan mencitrakan merupakan bentuk solusi yang dihasilkan dari berfikir kreatif. Berfikir kreatif yang diharapkan atau dihasilkan dari setiap mahasiswa akan berbeda, hal ini dikarenakan atas dasar motivasi dan keingintahuan mahasiswa pada saat pembelajaran praktikum berlangsung. Berfikir kreatif mahasiswa dalam pembelajaran praktikum dapat ditingkatkan dengan *Higher Order Thinking Low-Cost Laboratory* (HOTLCL).

Higher Order Thinking-Laboratory (HOT-Lab) merupakan model praktikum kombinasi antar dua model yaitu, model pembelajaran *Creative Problem Solving* (CPS) dan *Problem Solving Laboratory* (PSL) berbasis praktikum HOT-Lab yang dapat meningkatkan pemahaman pengetahuan tentang konsep fisika, mengembangkan keterampilan praktis, mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dan pemecahan masalah, (A Malik et al., 2019).

Penelitian Model HOT-lab yang dilakukan oleh (Tifani, 2018) mengungkapkan ada tiga tahapan untuk mengungkap aspek ketrampilan berfikir kreatif yaitu keterampilan berpikir lancar (*fluency*), keterampilan berpikir luwes (*flexibility*), keterampilan berpikir orisinal (*originality*) dan keterampilan merinci (*elaboration*), di mana desain penelitian yang dipakai adalah dengan desain *pre-experimental* tipe *one-group pre-test-post-test* design. Hasil akhir penelitian menunjukkan terdapat pengaruh model praktikum HOT-Lab terhadap peningkatan ketrampilan berfikir kreatif siswa dan membantu ketrampilan abad 21. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Malik bahwa ketrampilan abad 21 yang harus dikuasai oleh peserta didik dalam rangka menghadapi tantangan hidup abad 21 adalah dengan mempersiapkan kemampuan *transferable skills* (keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi tertulis). Kemampuan tersebut bisa dipersiapkan dengan model pembelajaran HOT-

Lab lengkap dengan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang memiliki ciri karakteristik sebagai berikut: a). Mengacu pada teori konstruktivisme; b). Bertujuan pada penyelesaian masalah nyata/*real*; c). Menggunakan masalah nyata/*real* program untuk acuan kegiatan; d). Terdiri dari 3 kegiatan pra-lab, lab, dan pasca-lab; e). Bertujuan memberikan pembekalan keterampilan abad 21; f). Berbantuan TIK, dan g). Kooperatif-kolaboratif untuk *setting* pembelajarannya, (Adam Malik, 2018). Model HOT-Lab dalam pembelajaran yang didesain ini meliputi beberapa tahapan yaitu: tahap analisis kebutuhan, tahap pengembangan produk, tahap ujicoba lapangan dan tahap revisi produk atau istilah yang populer ADDIE (*Analyzing, Designing, Developing, Implementing, and Evaluating*), (A Malik et al., 2019).

Model HOT-Lab juga diterapkan dalam rangka meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang dilakukan dengan metode *experiment* desain *pre-experimental* tipe *one-group pretest-posttest design*, (Nuraeni, 2018). Dimana lembar observasi, lembar kerja siswa, dan tes kemampuan pemecahan masalah menjadi satu kesatuan petunjuk praktikum HOT-Lab tersebut. Hal ini menjadi dasar dalam setiap penyusunan petunjuk praktikum HOT-Lab agar memperhatikan segenap kemampuan kognitif peserta didik/siswa dalam suatu kelompok kelas tertentu, (Nuraeni, 2018). Pada tataran praktisnya, upaya-upaya yang dilakukan untuk membantu mengembangkan kemampuan berpikir siswa adalah merancang bahan ajar yang sesuai dengan tahap kognitif siswa, Bahan ajar juga dirancang sesuai dengan pengalaman belajar siswa sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, (Putra et al., 2018). Apabila bahan ajar ini digunakan secara terus menerus akan dapat meningkatkan kemampuan berpikir tinggi siswa dengan kriteria sedang. Hasil penelitian yang dilakukan Nuraeni 2018 menunjukkan ada pengaruh penerapan model praktikum HOT-Lab terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi optik, di mana peran aktifitas guru dan peserta didik menjadi sangat dominan terhadap hasil penelitian ini. Aktifitas guru dan peserta didik pada penelitian ini dipandang lebih efektif daripada peran guru dalam praktikum Verifikatif. Praktik Verifikatif suatu bentuk pembelajaran yang bertujuan untuk membuktikan teori yang telah didapatkan sebelumnya. Teori atau sebuah konsep kebenaran diperoleh dari membaca atau mendengarkan dari guru, (Sari et al., 2020). Praktik jenis Verifikatif ini hanya berorientasi pada fakta dan

fenomena tanpa mengembangkan ketrampilan berfikir kritis, kreatif, pemecahan masalah dan kemampuan komunikasi, (Yunizea & Suyatna, 2012). Pada penelitian dengan menggunakan *Higher Order Thinking Virtual Laboratory* (HOTVL) yang dilakukan oleh (Sapriadil et al., 2019) mengungkapkan bahwa pengaruh kemampuan berfikir kreatif siswa yang mengikuti model ini lebih tinggi daripada siswa menggunakan praktikum verifikasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa model HOTVL secara efektif dapat meningkatkan kemampuan siswa berfikir kreatif pada konsep rangkaian listrik. HOTLCL menerapkan model pembelajaran CPS (Lisdiani et al., 2019);(A Malik et al., 2018); (A Malik et al., 2017); (Adam Malik et al., 2018) yang dapat meningkatkan pemahaman pengetahuan materi tentang SCADA berbasis perangkat pembelajaran praktikum yang murah dan terjangkau. Hasil pembelajaran berbasis CPS tersebut diharapkan mampu mengembangkan ketrampilan berfikir kreatif dan memecahkan persoalan.

Merujuk pada beberapa uraian di atas perlu penulis kerucutkan bahwa LCL sistem SCADA merupakan pilihan tepat dalam mewujudkan laboratorium yang mendukung pencapaian kompetensi peserta didik. Kemasan dalam pembelajaran dengan LCL sistem SCADA ini berbasiskan HOT-Lab yang dapat diimplementasikan pada pembelajaran abad 21 dengan bercirikan pada empat hal, yaitu yaitu berpikir kritis (*critical thinking*) dan pemecahan masalah (*problem solving*), kreativitas (*creativity*) dan inovasi (*innovation*), komunikasi (*communication*), dan kolaborasi (*collaboration*), (Binkley et al., 2012).

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

- 1) Bagaimana konsep LCL sistem SCADA untuk meningkatkan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif?
- 2) Bagaimana mewujudkan konsep LCL sistem SCADA untuk memenuhi kebutuhan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) pembelajaran berbasis praktikum?
- 3) Bagaimana pengujian LCL sistem SCADA untuk keperluan meningkatkan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif?
- 4) Bagaimana mewujudkan konsep HOT-Lab untuk petunjuk praktikum LCL sistem SCADA?

- 5) Bagaimana proses pembelajaran praktikum dengan perangkat keras LCL sistem SCADA yang melibatkan dosen dan mahasiswa?
- 6) Bagaimana hasil pembelajaran praktikum dengan perangkat keras LCL sistem SCADA yang melibatkan dosen dan mahasiswa?

1.3 Pembatasan Masalah

Prodi Teknik Elektro S1 secara umum mempunyai beberapa konsentrasi, yakni *Power, Audio, Electronics, Control, Telecommunication, dan Computer Engineering*. Perwujudan konsep LCL sistem SCADA diarahkan pada konsentrasi Teknik Kendali, hal ini dikarenakan kondisi Laboratorium Kendali belum memenuhi kelayakan untuk mengadakan praktikum sistem SCADA. Praktikum SCADA sendiri terdiri dari PLC, HMI, jaringan, pemrograman dan komunikasi data. Sistem SCADA merupakan kebutuhan penting di banyak perusahaan untuk menjalankan aktifitas. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) LCL sistem SCADA teknik elektro yang direalisasikan dalam penelitian ini merupakan perangkat pembelajaran praktikum mata kuliah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi.
- 2) Kebaruan atau *novelty* berupa perangkat pembelajaran praktikum mata kuliah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi berawal hasil kuisioner FORTEI dan telaah jurnal dengan kata kunci “Implementasi SCADA” pada database Scholer serta Scopus.
- 3) Perangkat pembelajaran praktikum berupa LCL sistem SCADA digunakan untuk meningkatkan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif aspek kognitif.
- 4) HOTLCL menerapkan model pembelajaran CPS dengan petunjuk praktikum HOT-Lab yang dapat meningkatkan pemahaman pengetahuan materi tentang SCADA berbasis perangkat pembelajaran praktikum murah dan terjangkau.
- 5) Perangkat pembelajaran berupa LCL sistem SCADA dibuat dengan mengedepankan fleksibilitas, sehingga dengan banyak *field device (s)* pada perangkat tersebut mahasiswa menghasilkan kreatifitas dalam membuat sistem SCADA dalam bentuk lain.

1.4 Tujuan Penelitian

- 1) Merealisasikan konsep LCL sistem SCADA sebagai langkah untuk meningkatkan HOTS pada ranah berfikir kreatif mahasiswa
- 2) Merealisasikan konsep LCL sistem SCADA sebagai langkah dalam mewujudkan *skills* atau keterampilan mahasiswa
- 3) Merealisasikan konsep LCL sistem SCADA yang terjangkau dari segi biaya untuk memenuhi kebutuhan CPMK berbasis praktikum
- 4) Mendapatkan konsep LCL sistem SCADA untuk memenuhi kebutuhan praktikum
- 5) Mewujudkan petunjuk praktikum HOT-Lab untuk LCL sistem SCADA

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan konsep LCL sistem SCADA yang murah dan terjangkau dari segi biaya untuk memenuhi kebutuhan CPMK berbasis praktikum.
- 2) Membekali mahasiswa dengan kemampuan mendesain, mengoperasikan dan merawat sistem SCADA sehingga mampu bersaing pada dunia kerja.
- 3) Memberikan gagasan kepada Program Studi Teknik Elektro S1 untuk mewujudkan konsep LCL sistem SCADA.
- 4) Memberikan kejelasan mengenai dampak penggunaan konsep LCL sistem SCADA baik dari segi biaya maupun dari CPMK setelah menggunakan peralatan tersebut.
- 5) Memberikan gagasan kepada Prodi Teknik Elektro S1 untuk mewujudkan konsep LCL untuk mata kuliah praktikum lain.
- 6) Meningkatnya kemampuan pada ranah berfikir kreatif mahasiswa Prodi Teknik Elektro S1 konsentrasi Teknik Kendali.
- 7) Mempunyai *hardware* dan *software* LCL sistem SCADA untuk kebutuhan CPMK berbasis praktikum

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dimaksudkan untuk mempermudah penyusun menuangkan ide/gagasan penelitian dalam bentuk karya ilmiah dengan pedoman baku. Sistematika tersebut juga menunjukkan kerangka berfikir seorang

penyusun secara utuh dalam penyelesaian laporan akhir. Di sisi lain sistematika penulisan mempunyai manfaat terhadap pembaca, yakni: *pertama*, seorang pembaca akan dengan mudah mengetahui keutuhan konsep besar Desertasi dari awal sampai akhir, dan *kedua*, pembaca akan dengan mudah mengetahui keterkaitan antar bab, sub bab dan bagian satu dengan yang lainnya untuk menambah pengertian dan maksud dari bab yang dibahas.

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari lima bab, di mana masing-masing bab membahas secara detail terkait dengan tema penelitian, baik berupa latar belakang, kajian teoritis, data primer, data sekunder, metode penelitian, obyek penelitian, subyek penelitian, hasil akhir penelitian, dan penutup yang berisi kesimpulan, implikasi serta saran. Adapun sistematika yang dimaksud adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang Penelitian, Berisi pentingnya pembelajaran berpusat pada peserta didik dengan kemandirian setiap proses serta peran pendidik profesional sebagai pendampingnya (UU Guru dan Dosen No.14 tahun 2005). Beberapa jurnal yang digunakan dalam referensi pada latar belakang mengungkapkan betapa pentingnya peran pendidik dalam upaya mengembangkan sikap/*attitude*, pengetahuan/*knowledge* dan keterampilan/*skills*. Sesuai dengan tema penelitian yakni tentang kemampuan berfikir kreatif, dilakukan uji awal untuk mengetahui kemampuan berfikir kreatif mahasiswa Program Studi Teknik Elektro dengan batasan atau indikator yakni; berpikir lancar (*fluent thinking*); berpikir luwes (*flexible thinking*); berpikir Orisinil (*original thinking*) dan keterampilan mengelaborasi (*elaboration ability*). Indikator berfikir kreatif merupakan tingkatan dalam paling tinggi pada kemampuan HOTS. Indikator berfikir HOTS pada ranah berfikir kreatif sangat diperlukan oleh alumni dalam persaingan dunia kerja. Dunia kerja menuntut kemampuan berfikir kreatif (mencipta) dengan kriteria a) Menggeneralisasi ide/sudut pandang terhadap sesuatu (tema), b) membuat cara penyelesaian masalah, c) mengorganisasikan unsur/bagian menjadi struktur baru.

Hasil dari uji awal kemampuan kognitif mahasiswa dan kemampuan berfikir kreatif juga memberikan analisa terkait dengan pola pelaksanaan pembelajaran,

metode pembelajaran dan sarana atau kelengkapan laboratorium pendukung pembelajaran berbasis praktikum. Evaluasi terkait kelengkapan laboratorium dan manajemen pengelolaan dilakukan dengan angket, observasi dan wawancara terhadap mahasiswa. Dua variabel yakni uji awal kemampuan kognitif, kemampuan berfikir kreatif dan evaluasi kelengkapan laboratorium menjelaskan pengaruh atau hubungan yang signifikan terhadap capaian kompetensi mahasiswa selama ini. Faktor betapa penting peran laboratorium dalam menunjang proses pembelajaran berbasis praktikum menjadi alternatif pemilihan laboraorium yang berbiaya rendah atau terjangkau oleh kampus dalam penjelasan tersebut mengacu pada prinsip “mengeluarkan anggaran kecil dengan capaian maksimal”.

Pada alinea berikutnya memuat berbagai referensi terkait dengan ruang lingkup atau definisi LCL untuk mewujudkan laboratorium yang murah, terjangkau dan tanpa menyinggal fungsi yang sebenarnya. Penjelasan berikutnya wujud LCL dari mata kuliah Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi yang berisi tentang SCADA yang mengacu pada ruang lingkup LCL itu sendiri. Penjelasan berikutnya adalah terkait metode pembelajaran yang digunakan dalam praktikum berbasis LCL sistem SCADA ini. Beberapa referensi yang ada dalam penjelasan tersebut mengemukakan banyak persamaan terkait dengan HOT-Lab yang merupakan model praktikum dan metode pembelajaran untuk memenuhi atau meningkatkan kemampuan berfikir kreatif. Pada akhirnya dalam latar belakang tersebut diungkapkan bahwa HOTLCL merupakan model pembelajaran CPS untuk desain pembelajaran praktikumnya.

Rumusan Masalah Penelitian, pada bagian ini memuat sejumlah rumusan masalah yang terkait dengan tema besar LCL sistem SCADA, konsep LCL sistem SCADA dalam rumusan penelitian ini lebih mengarah pada peningkatan kemampuan HOTS ranah berfikir kreatif dan memenuhi kebutuhan CPMK dalam proses pembelajarannya. Hasil penelitian ini akan menjelaskan bagaimana tahapan dalam mewujudkan konsep LCL sistem SCADA, mulai dari materi CPMK berbasis kurikulum, sub-CPMK, desain keseluruhan dalam bentuk *file*, cara mewujudkan desain tersebut serta cara mengujinya. Terkait proses pembelajaran praktikum dengan perangkat keras LCL sistem SCADA

merupakan rumusan masalah berikutnya, di mana hasil penelitian akan menjelaskan peningkatan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif.

Pembatasan Masalah, pada bagian ini menjelaskan pembatasan masalah pada ranah konsentrasi Teknik Kendali (Program Studi Teknik Elektro S1) untuk tempat penelitian terkait perangkat pembelajaran LCL sistem SCADA yang dibuat sebagai sarana pendukung praktikum. Dalam pembatasan masalah ini juga disebutkan bahwa LCL sistem SCADA merupakan kebutuhan praktikum yang penting karena belakangan ini teknologi banyak diimplementasikan dalam industri. Selanjutnya pembatasan isi daripada perangkat pembelajaran LCL sistem SCADA pada penelitian ini juga disebutkan secara garis besar dalam sub bab pembatasan masalah, namun ditail penjelesan ada di bab II Tinjauan Pustaka dan hasil penelitian pada pembahasan LCL sistem SCADA.

Pada sub bab ini juga disebutkan bahwa untuk meningkatkan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif yaitu dengan model pembelajaran CPS yang dapat meningkatkan pemahaman pengetahuan materi tentang SCADA berbasis perangkat pembelajaran praktikum yang murah dan terjangkau. Adapun ditail instrumen dan metode untuk pengambilan data akan diuraikan pada bab III beserta pembahasan ada di bab IV. Pembatasan masalah ini bertujuan untuk fokus terhadap tema besar pada penelitian ini dan rumusan masalah beserta jawabannya.

Tujuan Penelitian, pada bagian ini secara garis besar berisi tujuan yang ingin dicapai sebagai cermin dari rumusan masalah yang disampaikan sebelumnya. yakni; tujuan ditulis secara runut dari awal sampai akhir dengan tahapan/proses pembuatan *hardware* praktikum yang dimulai dari latar belakang penelitian yang tertuju pada konsentrasi Teknik Kendali, mewujudkan konsep LCL sistem SCADA dan hasil akhir dari sebuah konsep LCL itu sendiri.

Manfaat Penelitian, pada bagian ini menjelaskan manfaat penelitian yang akan diperoleh setelah semua proses dilakukan. Wujud dari konsep LCL sistem SCADA itu sendiri membawa dampak pengeluaran anggaran praktikum yang lebih ringan bagi institusi. Manfaat lain adalah referensi LCL untuk mata kuliah praktikum di Program Studi Teknik Elektro. Pada bagian lain manfaat

penelitian juga disebutkan bahwa ada peningkatan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif, sehingga mahasiswa mempunyai kemampuan mendesain, mengoperasikan dan merawat sistem SCADA. Tataran praktis kemampuan tersebut dalam hal mendesain, bahwa mahasiswa mampu menghasilkan desain atau tampilan HMI sesuai kebutuhan sistem SCADA dan mampu membuat *ladder diagram* pada PLC sesuai kebutuhan pengontrolan sistem SCADA yang dibuat. Kemampuan mendesain sistem SCADA yang lain juga dilengkapi dengan kemampuan *wiring diagram* diantara komponen-komponen pada sistem SCADA yang dibuat. Kemampuan mengoperasikan dalam hal ini lebih kepada pengoperasian sistem SCADA dalam monitoring atau pengawasan, pengendalian dan eksekusi. Kemampuan merawat dalam hal ini bahwa mahasiswa mampu melakukan pencegahan untuk kestabilan sistem SCADA dan mampu memperbaiki apabila terdapat trobel atau kesalahan.

Secara garis besar dapat dituliskan bahwa konsep LCL sistem SCADA membawa dampak kepada kebijakan baru institusi, *pertama* dari sudut pandang ekonomi dan manajerial bahwa konsep tersebut mengarah kepada penghematan anggaran untuk mewujudkannya; *kedua* konsep tersebut memberikan bukti bahwa konsep LCL bisa digunakan untuk mata kuliah lain berbasis praktikum; *Ketiga*, penelitian dengan tema besar LCL sistem SCADA melahirkan referensi untuk melahirkan penelitian lain dalam satu tema.

Sistematika Penulisan, pada bagian ini menjelaskan secara menyeluruh bagian-bagian penting yang saling terkait untuk membentuk kerangka berfikir konsep LCL itu sendiri. Sistematika penulisan pada penelitian ini akan mempermudah penulis dalam merepresentasikan ke dalam hasil penelitian.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang teori dasar meliputi LCL, SCADA, PLC, IKT, HOTS, HOT-Lab, perangkat pembelajaran praktikum, petunjuk praktikum, Kurikulum, BK, CPMK, sub-CPMK, RPS, Metode pembelajaran, pembelajaran CPS, *Thinking Creative*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas tentang metode penelitian yang meliputi variabel penelitian, obyek dan partisipan penelitian, teknik pengumpulan data, analisa data, desain dan prosedur penelitian. Metode penelitian secara umum merupakan suatu cara, tahapan atau prosedur untuk menjawab rumusan masalah utama dalam penelitian yang dituangkan di bab IV. Uraian setiap tahapan di metode penelitian dibahas secara detail di bab III, namun untuk mempermudah pemahaman secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut: *pertama*, variabel penelitian bertema besar LCL sistem SCADA dengan pembatasan pada peningkatan kemampuan HOTS ranah berfikir kreatif; *kedua*, penggunaan LCL sistem SCADA untuk proses pembelajaran praktikum untuk menjawab rumusan masalah terkait peningkatan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif.

Obyek dalam penelitian ini berperan besar dalam proses penelitian sampai selesai, *pertama* dosen dan mahasiswa yang dijadikan parameter atau ukuran dalam penerapan konsep LCL sistem SCADA; *kedua* kelas Teknik Kendali sebagai obyek uji coba dan pengambilan data untuk analisa peningkatan kemampuan HOTS pada ranah berfikir kreatif. Untuk partisipan dalam hal ini terdiri dari ketua program studi, kepala laboratorium dan laboran yang memberikan informasi kondisi laboratorium, mahasiswa yang dikelompokkan ke dalam kelas Teknik Kendali untuk obyek uji coba instrumen asesmen pada proses pembelajaran ranah berfikir kreatif

Teknik pengambilan data dan analisa data yang terbagi kedalam dua bagian, *pertama* data yang diambil dan dianalisa untuk digunakan sebagai pendukung penyusunan latar belakang masalah dan merupakan faktor mengapa tema penelitian ini diangkat; *kedua* data yang diambil dan analisa untuk mewujudkan LCL sistem SCADA. *Ketiga* data yang diambil dan dianalisa untuk kebutuhan mengevaluasi instrumen asesmen serta pengambilan data untuk mengukur keberhasilan peningkatan berfikir kreatif. Semua data yang terkait dengan penelitian ini secara garis besar diambil dengan cara observasi, wawancara dan kuisisioner. Desain dan prosedur penelitian dalam penelitian ini tertuang dalam

sebuah diagram proses dan fokus pada dua variabel yaitu realisasi LCL sistem SCADA dan peningkatan kemampuan HOTS ranah berfikir kreatif.

BAB IV PEMBAHASAN

Membahas hasil penelitian secara keseluruhan terkait dengan dua variabel yaitu LCL sistem SCADA dan peningkatan ranah berfikir kreatif. Pembahasan hasil dimulai dari hasil studi asesmen kondisi eksisting laboratorium yang terdiri dari jumlah peralatan, jumlah ruangan, petunjuk praktikum yang tersedia dan waktu pelaksanaan pembelajaran berbasis praktikum. Disisi lain pembahasan kurikulum juga mengetengahkan tinjauan BK, CPMK dan Sub-CPMK setiap pertemuan mata kuliah yang dimaksud. Hasil berikutnya terkait tema LCL sistem SCADA, mulai dari pembuatan konsepnya, kebutuhan komponen, estimasi biaya dan pembelanjaan, desain LCL sistem SCADA, hasil dan deskripsi LCL sistem SCADA, perakitan dan uji coba LCL sistem SCADA.

Terkait dengan variable kedua peningkatan ranah berfikir kreatif, hasil pembahasan dimulai dari instrumen peningkatan, nilai validilitas, reliabilitas dari instrumen yang digunakan, deskripsi berfikir kreatif dan hasil peningkatan berfikir kreatif dari penggunaan LCL sistem SCADA.

BAB V PENUTUP

Merupakan bab penutup atau akhir dari semua penelitian yang dilakukan, mulai dari deskripsi singkat kesimpulan hasil dalam rumusan teori, kesimpulan akhir terkait dengan LCL sistem SCADA dan peningkatan ranah berfikir kreatif. Dalam bab penutup ini juga memaparkan temuan hasil penelitian terkait tema tersebut, menerapkan penelitian ke dalam mata kuliah yang berbasis praktikum atau implikasi dan terakhir saran untuk perbaikan serta memungkinkan peluang penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat sejumlah referensi yang terkait dengan penelitian, mengacu pada LCL sistem SCADA dan peningkatan kemampuan HOTS ranah berfikir kreatif, selain itu daftar referensi juga mengacu pada beberapa pokok bahasan yaitu

PLC, SCADA dan komponen yang dipakai dalam perangkat pembelajaran LCL sistem SCADA.

DAFTAR LAMPIRAN

Memuat sejumlah data yang terlampir dibagian paling akhir laporan penelitian ini. Daftar lampiran terletak paling akhir dari laporan penelitian ini dikarenakan banyak data yang tidak mungkin diletakkan pada setiap bab 1, 2, 3 dan 4. Namun tidak mengurangi kemudahan penulis maupun pembaca dalam mengaitkan bahasan atau kajian yang merujuk langsung pada daftar lampiran. Daftar lampiran dalam penelitian ini berupa olah data yang diambil dari variabel peningkatan kemampuan HOTS ranah berfikir kreatif dan lain-lain.