

**MODEL PEMBELAJARAN PRAKTIKUM RANGKAIAN DIGITAL
BERBASIS *ONLINE***

DISERTASI



**Ditulis untuk memenuhi sebagai persyaratan mendapatkan
Gelar Doktor Pendidikan Teknologi dan Kejuruan**

**Oleh:
HARIYADI
NIM. 21193007**

**PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

ABSTRACT

Hariyadi, 2025. Online-Based Digital Circuit Practicum Learning Model.

The limited laboratory facilities in Digital Circuit Practical Learning, make the achievement of Practical in higher education especially in Electrical Engineering Study Program, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat has not run optimally so that it is ineffective and takes a lot of time in learning. This study aims to Describe the description of Practical learning, Produce Practical learning model, Test the validity of Practical learning model, Test the Practicality of Practical learning model, Compare the effectiveness of online-based Digital Circuit Practical learning model using Edlink and Circuit Verse simulator with online collaboration approach.

This model is designed using Research and Development (R&D) method based on ADDIE model, including Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. Validation was conducted by five experts, and the effectiveness test was conducted through a pretest and posttest on 21 students in the electrical engineering program, in determining the validity and quality of the learning product including validation tests by experts including; 1) identification of problems through needs analysis, 2) determination of priorities related to the type and simulator used, 3) determination of program objectives, and 4) determination of solutions to overcome existing problems, and also field trials using experimental methods, the subjects first took a pretest, then were given treatment through online-based digital circuit practicum learning, and ended with the implementation of a posttest.

The results of the study showed a significant increase in students' understanding of the Implementation of Practical Work with Circuit Verse, as evidenced by the results of the t-test with a significance score smaller than the threshold (0.05) of $0.000 < 0.05$ = there is a difference (increase in score) between the pretest and posttest. The online collaboration approach also increases student involvement in learning. The products of this research include learning modules, academic portal usage guides, textbooks, and practicum guides. The impact of this research includes ease in doing Practical tasks, flexibility, and interactive learning experiences that support mastery of theory and practical skills. These findings contribute to the optimization of technology-based learning in engineering.

Keywords: *Addie Model, Collaboration, Digital Circuit, Online Learning, Simulator.*

ABSTRAK

Hariyadi, 2025. Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital Berbasis Online. Disertasi Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Keterbatasan fasilitas laboratorium pada Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital, membuat pencapaian Praktikum pada perguruan tinggi terutama di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat belum berjalan dengan optimal sehingga menjadi tidak efektif dan menghabiskan banyak waktu dalam pembelajaran. Penelitian ini bertujuan Mendeskripsikan gambaran pembelajaran Praktikum, Menghasilkan model pembelajaran Praktikum, Menguji validitas model pembelajaran Praktikum, Menguji Praktikalitas model pembelajaran Praktikum, Membandingkan efektivitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online*.

Model ini dirancang dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* berbasis model ADDIE, meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Validasi dilakukan oleh lima orang pakar, dan uji efektivitas dilakukan melalui *pretest* dan *posttest* terhadap 21 mahasiswa pada program teknik elektro, dalam menentukan validitas serta kualitas dari produk pembelajaran mencakup uji validasi oleh para ahli meliputi 1) identifikasi permasalahan melalui analisis kebutuhan, 2) penetapan prioritas terkait jenis dan simulator yang digunakan, 3) penentuan tujuan program, serta (4) penetapan solusi untuk mengatasi masalah yang ada, dan juga uji coba di lapangan dengan menggunakan metode eksperimen, subjek terlebih dahulu mengikuti *pretest*, kemudian diberikan perlakuan melalui pembelajaran Praktikum rangkaian digital yang berbasis *online*, dan diakhiri dengan pelaksanaan *posttest*.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap Pelaksanaan Praktikum dengan *Circuit Verse* secara signifikansi, dibuktikan dengan hasil uji t dengan skor signifikansi lebih kecil dari ambang batas (0,05) sebesar $0,000 < 0,05$ = terdapat perbedaan (peningkatan skor) antara *pretest* dan *posttest*. Pendekatan kolaborasi daring juga meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran. Produk penelitian ini meliputi modul pembelajaran, panduan penggunaan portal akademik, buku ajar, dan panduan praktikum. Dampak penelitian ini meliputi kemudahan dalam mengerjakan tugas Praktikum, fleksibilitas, dan pengalaman belajar interaktif yang mendukung penguasaan teori dan keterampilan praktikum. Temuan ini berkontribusi terhadap optimalisasi pembelajaran berbasis teknologi di bidang teknik.

Kata kunci: Model Addie, Kolaborasi, Sirkuit Digital, Pembelajaran Daring, Simulator.

PERSETUJUAN AKHIR DISERTASI

Mahasiswa
NIM
Program Studi

Hariyadi
21193007
Doktor (S3) PTK

MENYETUJUI

Promotor I,

Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

Promotor II,

Risdendra, S.Pd., M.T., Ph.D.
NIP. 19790213 200501 1 003

PENGESAHAN

Dekan,

Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T.
NIP. 19730805 200501 1 002

Koordinator Program Studi Pascasarjana,

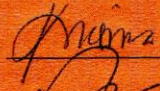
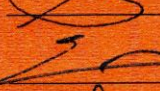
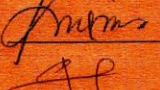
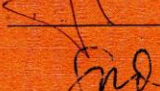
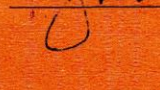
Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

**PERSETUJUAN KOMISI
UJIAN DISERTASI**

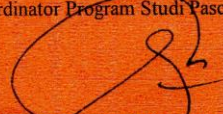
DISERTASI

Mahasiswa : Hariyadi
NIM : 21193007

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Disertasi
Program Doktor Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
Hari: Kamis, Tanggal : 20 Februari 2025

No.	Nama	Tanda Tangan
1	<u>Ir. Krismadinata, Ph.D.</u> (Ketua)	
2	<u>Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T.</u> (Sekretaris)	
3	<u>Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.</u> (Promotor)	
4	<u>Risfendra, S.Pd., M.T., Ph.D.</u> (Co Promotor)	
5	<u>Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd.</u> (Penguji)	
6	<u>Ir. Krismadinata, Ph.D.</u> (Penguji)	
7	<u>Dr. Asrul Huda, S.Kom., M.Kom.</u> (Penguji)	
8	<u>Prof. Ir. Sunardi, ST., M.T., Ph.D.</u> (Penguji Luar Institusi)	

Padang, 20 Februari 2025
Koordinator Program Studi Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, disertasi dengan judul “**Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital Berbasis Online**” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan tim promotor dan tim pembahas.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar rujukan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 20 Februari 2025
Saya yang menyatakan,



Hariyadi
NIM. 21193007

KATA PENGANTAR

Peneliti selalu memanjatkan rasa syukur kepada Allah SubhanaWa Ta'ala atas limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga dapat diselesaikannya penulisan disertasi ini berjudul “Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital Berbasis *Online*” untuk memenuhi sebagian persyaratan penyelesaian program Doktor (S3) Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Selanjutnya, shalawat beriring salam kepada Baginda Nabi Muhammad SAW panutan terbaik bagi kita umatnya.

Selama penyusunan disertasi peneliti terdapat berbagai hambatan dan kendala yang terjadi, akan tetapi seiring doa dan adanya bantuan berbagai pihak penulisan disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik. Terkhusus keluarga peneliti, terimakasih telah memberikan dukungan terbesar bagi peneliti yang tidak hanya melengkapi kebutuhan penulis tapi juga sebagai alasan peneliti selalu semangat sampai sekarang. Selain itu, peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Krismadinata, Ph.D selaku Rektor Universitas Negeri Padang.
2. Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE selaku Promotor I disertasi yang telah memberikan motivasi, masukan serta membimbing peneliti agar dapat menyelesaikan penulisan disertasi dengan lancar. Juga selaku Koordinator Pascasarjana Program Studi Doktor S3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Risfendra, S.Pd., M.T., Ph.D selaku Promotor II yang selalu memberikan motivasi, dorongan, menawarkan bantuan, serta masukan untuk peneliti agar dapat menyelesaikan penulisan disertasi.
4. Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd, dan Dr. Asrul Huda, S.Kom., M.Kom selaku Pembahas yang telah memberikan banyak masukan dan saran perbaikan untuk penulisan disertasi ini.
5. Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Prof. Ir. Sunardi, S.T., M.T., Ph.D selaku Penguji Luar Institusi yang telah memberikan banyak masukan dan saran perbaikan untuk penulisan disertasi ini.
7. Dr. Retno Devita, S.Kom., M.Kom, Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom, Dr. Ridha Husnul Ulya, S.Pd., M.Pd, Prof. Dr. Oriza Candra., S.T., M.T selaku Ahli pada *Focus Gruop Discussion* (FGD) yang telah memberikan banyak saran dan masukan demi kesempurnaan disertasi ini.
8. Kepada Prof. Dr. Muchlas M.T, dari Universitas Ahmad Dahlan, atas arahan dan masukan dan telah memberikan izin melanjutkan penelitian yang beliau lakukan sebelumnya.
9. Seluruh dosen dan staff akademik Program Studi Doktor S3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (S3) Universitas Negeri Padang.
10. Para Dosen, Tenaga Kependidikan dan Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat yang telah meluangkan waktu untuk *support* dalam penelitian ini.
11. Kepada Istri, Orang tua, Mertua dan Adik-adik yang telah memberikan Perhatian dan *Support* selama menempuh pendidikan ini.
12. Keluarga Besar ensiklopediaku.org atas *Support* yang diberikan, terima kasih kepada Bapak Dr. Laurensius Arliman S, S.H., S.E., M.H., MM., M.Kn., M.Pd., M.Si., M.IKom. beserta Istri dan Bapak Kevry Ramdany, S.E., M.M beserta Istri.
13. Teman-teman angkatan dan semua kakak tingkat dan adik tingkat yang telah menjadi pelengkap cerita peneliti selama menjadi mahasiswa.
14. Kepada semua pihak yang tidak dapat peneliti ucapkan satu persatu.

Dengan demikian, peneliti menyadari bahwa penulisan disertasi ini masih tidak lepas dari kesalahan. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan saran dan kritikan untuk penulisan disertasi ini yang lebih baik lagi. Semoga dengan adanya disertasi ini dapat bermanfaat bagi peneliti dan bagi para pembaca.

Padang, 20 Februari 2025

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN AKHIR DISERTASI	iii
PERSETUJUAN KOMISI UJIAN DISERTASI	iv
PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	14
C. Batasan Masalah	15
D. Rumusan Masalah	15
E. Tujuan Penelitian	15
F. Manfaat Penelitian	16
1. Manfaat Toeritis	16
2. Manfaat Praktis	16
G. Spesifik Produk yang Diharapkan	17
H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	18
I. Definisi Operasional	18
 BAB II. LANDASAN TEORI	
A. Kajian Teori	19
1. Model Pembelajaran	19
2. Pendidikan Tinggi	29
3. Pendidikan Tinggi Teknik	32

4. Konsep Kegiatan Praktikum	34
5. Konsep Simulator	34
6. Konsep <i>E-Learning</i>	37
7. Internet sebagai Dasar Pembejaran Praktikum <i>Online</i>	44
B. Kajian Penelitian yang Relevan	46
C. Kerangka Pikir dalam Pengembangan	60
1. Pemilihan Metode Pembelajaran Praktikum	62
2. Pemilihan Simulator Pembelajaran Praktikum	62
3. Penetapan Materi Pembelajaran Praktikum	63
4. Pemilihan <i>E-Learning</i> Pembelajaran Praktikum	63
D. Pertanyaan Penelitian	64
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	65
B. Pola Pengembangan	65
C. Prosedur Pengembangan	66
D. Desain Uji Coba	70
E. Subjek Uji Coba	72
F. Jenis Data	72
G. Instrumen Pengumpulan Data	73
1. Instrumen Uji Ahli terhadap Validitas Produk	73
2. Instrumen Uji Praktikalitas Subjek terhadap Produk	76
3. Instrumen Uji Efektivitas Pembelajaran	77
H. Teknik Analisis Data	77
1. Analisis Validitas Produk	77
2. Analisis Praktikalitas terhadap Pembelajaran	78
3. Analisis Dampak Pembelajaran	79
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	80
B. Pembahasan	104
C. Keterbatasan Penelitian	116

BAB V. PENUTUP

A. Simpulan	118
B. Implikasi	119
C. Saran	121
DAFTAR RUJUKAN	123
LAMPIRAN	134

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Data Jumlah Program Studi dalam Bidang Teknik Elektro serta Ilmu-Ilmu Sejenis yang Berada di bawah LLDIKTI Wilayah X	6
3.1. Ahli dalam Kegiatan FGD	69
3.2. Aspek Uji Validasi Model Hipotetik dari Ahli	74
3.3. Aspek Uji Validasi RPS dari Ahli	75
3.4. Aspek Uji Validasi Buku Ajar dari Ahli	75
3.5. Aspek Uji Validasi Panduan Pembelajaran dan Penggunaan Simulator dari Ahli	76
3.6. Komponen Praktikalitas dalam Aspek Instruksional	76
3.7. Komponen Praktikalitas dalam Tampilan Produk	77
3.8. Makna Skor Komponen Validitas Produk	78
3.9. Kriteria Praktikalitas Produk	79
3.10. Kriteria Dampak Pembelajaran	79
4.1. Ahli dalam kegiatan FGD	85
4.2. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Mata Kuliah Praktikum Rangkaian Digital	86
4.3. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i> (ICC) terhadap Model	87
4.4. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	88
4.5. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i> (ICC) terhadap Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	89
4.6. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Buku Ajar Rangkaian Digital	90
4.7. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i> (ICC) terhadap Buku Ajar Rangkaian Digital	91
4.8. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Modul Pembelajaran Praktikum Berbasis <i>Online</i>	92
4.9. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i>	

(ICC) terhadap Modul Pembelajaran	94
4.10. Praktisi Praktikalitas Model Pembelajaran	94
4.11. Data Hasil Uji Praktikalitas terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Tampilan Produk	95
4.12. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i> (ICC) terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Tampilan	96
4.13. Praktisi Praktikalitas Model Pembelajaran	97
4.14. Data Hasil Uji Praktikalitas terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Instruksional	97
4.15. Hasil Perhitungan Uji Signifikansi <i>Intraclass Correlation Coefficient</i> (ICC) terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Instruksional	98
4.16. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	99
4.17. Analisis Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Menggunakan Uji <i>Wilcoxon Signed</i> <i>Rank Test</i>	101
4.18. Hasil <i>Focus Group Discussion</i> (FGD)	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Member Mahasiswa yang Masuk ke <i>Circuit Verse</i>	68
3.2. Tugas Praktikum Mahasiswa pada <i>Circuit Verse</i>	69
3.3. Dokumentasi <i>Focus Group Discussion</i>	70
4.1. Buku Model Pembelajaran <i>Online</i> Praktikum Rangkaian Digital	83
4.2. Buku Ajar Rangkaian Digital	84
4.3. Modul Praktikum Rangkaian Digital	85

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Model Pembelajaran	86
4.2. Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	89
4.3. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Buku Ajar Rangkaian Digital	91
4.4. Data Hasil Uji Validitas Ahli terhadap Modul Pembelajaran Praktikum Berbasis <i>Online</i>	93
4.5. Hasil Uji Praktikalitas terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Tampilan Produk	95
4.6. Hasil Uji Praktikalitas terhadap Model Pembelajaran Berbasis <i>Online</i> pada Aspek Instruksional	98
4.7. <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital Berbasis <i>Online</i>	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Buku Modul Praktikum Rangkaian Digital	134
2. Buku Model Pembelajaran <i>Online</i> Praktikum Rangkaian Digital	135
3. Buku Dosen dan Mahasiswa	136
4. Instrumen	137
5. Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	138
6. Hasil Uji Validasi	139
7. Rancangan Pembelajaran Semester Rangkaian Digital	140
8. Buku Ajar Rangkaian Digital	141
9. Ijin Penggunaan <i>Circuit Verse</i>	142

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempengaruhi cara pandang remaja dalam menggunakan internet sebagai tujuan utama. Perkembangan ini juga mengubah paradigma pembelajaran dalam pendidikan. UNESCO Dalam situsnya, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dapat membantu manajemen pendidikan yang lebih efisien, kesetaraan pendidikan, kebebasan akses ke pendidikan, kualitas pembelajaran dan pengajaran, pengembangan profesional guru, dan peningkatan kesetaraan Pendidikan hal ini berdasarkan berita yang disampaikan oleh UNESCO. (Abed, 2019)

Sirozi menunjukkan bahwa menurut UNESCO, Lembaga pendidikan tidak hanya harus mendorong siswa untuk belajar, tetapi juga harus mendorong mereka untuk memperoleh pengetahuan baru, bertindak, belajar untuk seumur hidup, dan belajar untuk hidup bersama, ini merupakan paradigma belajar sepanjang hayat (Kaplan, 2016). Lebih lanjut, Graf dkk mengatakan bahwa seperti yang diketahui bahwa *sains* cukup sulit dan memakan waktu, sementara itu tidak diragukan lagi akan menjadi mata pelajaran yang paling menarik bagi mahasiswa, dan khususnya untuk mahasiswa tingkat akhir (Wang, K., Zhu, 2019). Oleh karena itu, pendidik perlu berkomitmen pada pengembangan profesional untuk memanfaatkan peluang baru ini, dan mereka perlu memperbarui pandangan pedagogis tentang pendidikan. Dalam beberapa tahun terakhir, ada tekanan kuat untuk memanfaatkan TIK di kelas, baik dari segi isi maupun metode. Seiring waktu, dorongan menuju inovasi komputer telah memiliki dampak yang substansial yang tujuan: 1) mengembangkan kemampuan baru dalam diri mahasiswa, memungkinkan integrasi mereka ke dalam masyarakat yang telah dimodifikasi secara drastis oleh teknologi informasi, dan 2) menggunakan konten dan alat yang terhubung dengan

komputer untuk mengubah dan meningkatkan proses belajar mengajar dalam kerangka kurikulum tradisional. (Bralić, 2019)

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh UNICEF, Kementerian Komunikasi dan Informatika Indonesia dan Harvard University mengatakan bahwa Keamanan Menggunakan Media Digital pada Anak dan Remaja di Indonesia mencatat bahwa jumlah pengguna Internet di Indonesia (termasuk anak-anak dan remaja) diperkirakan mencapai 30 juta atau sekitar 40% dari penduduk Indonesia. Studi ini mengeksplorasi aktivitas *online* sampel anak-anak dan remaja, yang melibatkan 400 responden berusia 10 hingga 19 tahun dari sabang sampai merauke yang mewakili daerah perdesaan dan perkotaan. Remaja dan anak-anak mengetahui internet sebanyak 98% serta 79,5% dari yang mengetahui internet adalah pengguna internet. (Mousavi, 2020)

Para peneliti menyoroti bahwa salah satu perhatian utama untuk pendidikan saat ini adalah mengikuti perkembangan generasi muda yang percaya diri secara teknologi saat ini (Bennett, 2018). Sejauh ini, pendidikan formal telah menggunakan TIK untuk fokus murni pada literasi komputer, mengajar mahasiswa bagaimana mengolah kata, bagaimana bekerja dengan *spreadsheet* dan bagaimana menjelajahi Internet. Keterampilan ini penting tetapi dengan sendirinya gagal mempersiapkan siswa untuk studi dan karir masa depan mereka. Pada abad ke- 21 penggunaan alat-alat teknologi sangat dituntut agar mahasiswa untuk memiliki keterampilan dan kemampuan, dan harus “melek digital”, artinya memiliki keterampilan, pemahaman dan praktik yang penting dalam “menavigasi lanskap digital yang selalu berubah”. (Meyers, 2013)

Melek digital tidak hanya menyangkut kompetensi dalam tugas-tugas dibangku perkuliahan, tetapi juga untuk dapat berpartisipasi secara efektif dalam dunia digital baru. Kurangnya literasi digital membawa implikasi pada potensi seseorang untuk menjadi mahasiswa yang tidak kompetensi (Meyers, 2013). Akibatnya, saat ini ada kebutuhan yang semakin meningkat untuk mengajarkan ilmu komputer, TIK, dan literasi digital generasi berikutnya, sehingga melampaui keterampilan cara menggunakan komputer, untuk

mengajari kaum muda cara kerja komputer dan cara membuatnya bekerja. Cara kerja saat ini telah berubah secara radikal setelah penerapan teknologi komputer pada setiap bidang studi, pikiran manusia tetap menjadi alat pemecahan masalah yang paling canggih tetapi saat ini kita memiliki kemampuan untuk memperluas kekuasaannya dengan menggunakan alat digital guna tercapainya pembelajaran. (Barr D et al., 2021)

UU No.44/2015 SNPT menyatakan bahwa salah satu tujuan Standar Nasional Perguruan Tinggi (SNPT) adalah sebagai acuan penjaminan mutu internal dan eksternal dalam bentuk akreditasi (Pasal 3 ayat 2). Pasal 5 ayat 1 menyatakan bahwa standar kompetensi lulusan dinyatakan dalam rumusan capaian pembelajaran yang mencakup sikap, keterampilan (Pasal 6 ayat 3: umum dan khusus), dan pengetahuan. Rumusan sikap dan keterampilan umum dapat ditambah oleh Perguruan Tinggi (Pasal 7 ayat 2). Keterampilan khusus adalah sesuai dengan bidang keilmuan program studi (Pasal 6 ayat 3 bagian b). Rumusan pengetahuan dan keterampilan khusus wajib disusun oleh forum program studi sejenis (Pasal 7 ayat 3 bagian a). Tingkat kedalaman dan keluasan pada capaian pembelajaran (Pasal 8 ayat 2) mengacu pada deskripsi capaian pembelajaran KKNi (pasal 9 ayat 1). Capaian pembelajaran yang dimaksud adalah juga terkait dengan proses pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa (*student centred learning*), Pasal 11 ayat 10, yang tidak lain adalah pendidikan berbasis luaran (OBE: *outcomes-based education*).

Capaian pembelajaran pada saat sekarang ini dapat diraih dengan pembelajaran *online*. Platform media sosial, alat kolaborasi sistem manajemen pembelajaran, perangkat lunak sebagai pertemuan yang dilakukan secara *online*, atau siaran *live*. Saat mengadaptasi teknik ini tanpa strategi nasional yang pasti, beberapa kesulitan muncul, seperti berjuang dengan teknologi dan pedagogi baru. Studi lain menegaskan bahwa tantangan dalam pendidikan *online* dapat diatasi dengan menginvestasikan waktu dan upaya untuk membuat staf terbiasa dengan teknologi dan teknik baru. (Chick, 2020)

Menurut Ioannidou, A (2021) pembelajaran *online* mewujudkan teori dan Praktik optimalisasi pengajaran melalui desain, pengembangan, evaluasi,

pengelolaan proses belajar mengajar dan sumber daya pengajaran melalui teknologi informasi *modern*. Penerapan pembelajaran *online* juga terkait dengan analisis teknologi visualisasi data dalam pengajaran. Praktik penerapan pembelajaran *online* dalam pendidikan teknik telah membuktikan bahwa pengenalan teknologi informasi *modern* tidak hanya meningkatkan metode dan sarana pengajaran, tetapi juga mengubah cara pengajaran pendidikan teknik dan mempercepat perolehan pengetahuan dan keterampilan. Modus pengajaran telah banyak berubah, Praktik yang efektif dalam lingkungan pembelajaran teknik dapat menggunakan berbagai kompetensi pedagogik dalam memunculkan pembelajaran terbaik untuk mahasiswa. Salah satu kompetensi utama seorang pendidik dalam melaksanakan pembelajaran agar lebih bermakna adalah kompetensi pedagogik, yang menuntut seorang pendidik mampu menguasai teknik dalam proses pembelajaran dan memahami dasar-dasar pendidikan yang diamanatkan oleh undang-undang kompetensi guru. (Isnawati, Niswardi Jalinus dan Risfendra, 2020)

Tren pendidikan yang penting adalah pengenalan apa yang disebut sistem manajemen pembelajaran, yang digunakan sebagai *platform* umum dimana mahasiswa dan dosen dapat berinteraksi secara digital dalam pembelajaran *online* (Papadakis S & Kalogiannakis M, 2017). Di bidang pendidikan teknik, teknologi informasi dan komunikasi terus meningkatkan metode pengajaran. Kemajuan teknologi telah mengubah pandangan tentang pendidikan teknik (Bayhan, N.G., Karaca, 2020). Teknologi dibuat untuk memudahkan pekerjaan manusia dalam berproses dan hasil yang dapat memberikan informasi dan pengetahuan. Teknologi merupakan suatu bentuk penerapan ilmu pengetahuan secara terstruktur yang dapat menyelesaikan tugas-tugas praktis. (Refdinal *et al.*, 2023)

Dengan perkembangan teknologi informasi dan komputasi, pemahaman yang mendalam dan efisien kini dapat dicapai melalui berbagai alat yang ada, seperti *e-learning* dan simulator. Selain pentingnya pemahaman yang menyeluruh mengenai perkembangan teknik digital, Kondisi ini juga dapat menjadi tantangan dan inspirasi bagi pendidikan untuk terus mempelajari

bidang tersebut melalui berbagai cabang ilmu. Perkembangan pesat dalam teknologi digital telah menyebabkan tuntutan dunia kerja yang lebih tinggi terhadap kompetensi karyawan.

Perguruan tinggi yang menawarkan program studi teknik perlu menyesuaikan kompetensi lulusannya dengan tuntutan dunia kerja, mengingat tenaga kerja diharapkan memiliki keterampilan dan kemampuan untuk memahami secara komprehensif semua aspek perkembangan dalam bidang teknologi digital. Dalam hal Sumber Daya Manusia (SDM), perguruan tinggi harus menyiapkan tenaga pengajar yang tidak hanya memiliki kualifikasi akademik yang memadai, tetapi juga wawasan yang luas mengenai berbagai kemajuan teknologi saat ini. Selain itu, fasilitas laboratorium di perguruan tinggi perlu disediakan agar mahasiswa dapat menjalani pembelajaran yang komprehensif, mencakup baik teori maupun praktik.

Keterbatasan fasilitas laboratorium di perguruan tinggi yang berfokus pada bidang keteknikan di Indonesia terlihat dari rendahnya daya saing inovasi teknologi. Tahun 2020, Indonesia menduduki peringkat ke-14 dari 17 negara dikawasan Asia Tenggara, Asia Timur, dan Oseania (SEAO) serta peringkat ke-85 dari 131 negara dalam Global Innovation Indeks (GII) Tahun 2020, Posisi ini tetap konsisten sejak tahun 2018 hingga 2020 untuk meningkatkan peringkat Indonesia dalam *Global Innovation Index*, Sejak tahun 2021, Indonesia yang sebelumnya selalu berada di peringkat 85, Indonesia dalam GII naik ke peringkat keposisi 75 pada tahun 2022, kemudian naik peringkat ke posisi 61 pada tahun 2023, dan pada 2024, Indonesia berada di peringkat 54 (Brin, 2025). Indonesia mencatat skor tinggi dalam 4 dari 7 pilar penilaian Global Innovation Index, yaitu; 1) Infrastruktur, 2) Kecanggihan Pasar, 3) Keluaran Pengetahuan dan Teknologi, serta 4) Keluaran Kreatif. Di sisi lain, Indonesia berada di bawah rata-rata pada 3 pilar, yaitu; 1) Institusi, 2) Sumber Daya Manusia dan Penelitian, dan 3) Kecanggihan Bisnis.

Namun, dalam menghadapi berbagai tantangan, pendidikan tinggi, khususnya di bidang teknik, kini dihadapkan pada sejumlah masalah internal, seperti keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM) serta fasilitas dan

infrastruktur yang ada. Di sisi lain, data statistik menunjukkan jumlah program studi Teknik dibidang Elektro dan disiplin ilmu sejenisnya, seperti Teknik Elektronika, Teknik Komputer, Sistem Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika, pada jenjang Diploma Tiga dan Strata Satu di Perguruan Tinggi di Indonesia sementara di Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) Wilayah X (Sumatera Barat, Riau, Jambi dan Kepulauan Riau) yang dihimpun dan melalui *website* Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) pada bulan Agustus 2022, berikut disajikan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Data Jumlah Program Studi dalam Bidang Teknik Elektro serta Ilmu-Ilmu Sejenis yang Berada di bawah LLDIKTI Wilayah X

No	Nama Prodi	Jenjang	Nasional	LLDIKTI X
1.	Teknik Elektronika, Teknik Elektro	D3	95	4
		D4	30	2
		S1	277	10
2.	Teknik Komputer, Sistem Komputer	D3	67	7
		D4	4	-
		S1	80	1
3.	Teknik Informatika	D3	55	1
		D4	14	1
		S1	465	28
4.	Sistem Informasi	D3	51	-
		D4	6	10
		S1	420	33

Sumber: banpt.or.id: Agustus (2022).

Dilihat dari Tabel 1.1 di atas, sampai Agustus 2022 bahwa jumlah institusi di LLDIKTI Wilayah X pada bidang keilmuan teknik elektro dan disiplin ilmu terkait cukup banyak. Keterbatasan sumber daya, terutama laboratorium, adalah masalah lain bagi institusi pendidikan tinggi yang menawarkan bidang keilmuan teknik. Keberadaan laboratorium memegang peranan yang sangat vital dalam pelaksanaan pendidikan tinggi di bidang teknik, sehingga setiap Perguruan Tinggi diwajibkan untuk memiliki fasilitas tersebut (Presiden Republik Indonesia, 1999). Laboratorium kini berfungsi sebagai salah satu indikator dalam penilaian akreditasi, serta menjadi salah satu tolak ukur kualitas dalam Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi. Dalam

proses pembelajaran, laboratorium berperan penting dalam mengembangkan keterampilan-keterampilan tertentu (Kozma, 1979). Selain itu, laboratorium juga berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan minat, rasa ingin tahu, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta pemahaman terhadap konsep-konsep yang diajarkan. (Sunal *et al.*, 2008)

Rekomendasi Kurikulum Inti (rumpun) Teknik Elektro disusun pada tahun 2014 berdasarkan pengalaman *Best Practices* pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro di Perguruan Tinggi oleh pendiri FORTEI, yaitu: Institut Teknologi Bandung, Universitas Indonesia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Universitas Gadjah Mada, Universitas Udayana dan Universitas Diponegoro. Namun demikian, rekomendasi Kurikulum Inti ini belum mencantumkan rumusan capaian pembelajaran (lulusan) program studi. Rekomendasi ini bersifat preskriptif dan menjadi rujukan minimal yang praktis bagi program studi pada 3 (tiga) hal yaitu: 1) bidang kajian (BOK: *Body Of Knowledge*), 2) tingkat kognitif Taksonomi Bloom pada capaian pembelajaran matakuliah, 3) jumlah minimal dan maksimal SKS pada setiap bidang kajian. Jumlah total kurikulum inti (wajib) adalah 47 SKS sampai dengan 130 SKS. Dengan demikian, program studi dapat menambahkan antara 14 SKS sampai dengan 97 SKS untuk kurikulum total 144 SKS. Penambahan konten dan SKS tersebut dapat berupa konten wajib universitas, konten khas (wajib) program studi, konten pilihan (kedalaman) program studi yang sesuai dengan nama khas program studi dan ketersediaan sumber daya beserta fasilitasnya.

Perkembangan dalam disiplin ilmu teknik elektro, sama seperti disiplin ilmu pengetahuan dan teknologi lainnya, telah mengalami kemajuan yang signifikan di abad ke-21 ini. Kemajuan dalam bidang Teknik Elektro tidak hanya terbatas pada peningkatan kualitas, tetapi juga mencakup aspek kuantitas dan variasi yang turut mengalami pertumbuhan yang sangat cepat.

Perkembangan ini ditandai dengan sejumlah penemuan yang dapat memberikan kemudahan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan aplikasi-aplikasi di bidang teknik elektro guna mendukung kebutuhan manusia. Pengembangan bahan superkonduktor dan superinsulator dalam industri teknik

elektro arus kuat memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan jaringan listrik, mengurangi pemakaian listrik, dan meningkatkan kapasitas penyaluran daya.

Saat ini program studi dibidang Teknik Elektro ataupun bidang yang mendekati/sejenisnya, memiliki kekurangan serta keterbatasan dalam peralatan laboratorium yang terlihat dari fakta bahwa kualitas penyelenggaraan program studi tersebut masih kurang memadai. Berdasarkan data tahun 2021, dihalaman website Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT), program studi yang mengelola bidang teknik elektro hampir 60% mendapatkan peringkat akreditasi B (Baik). Hal ini menunjukkan sarana laboratorium dan sarana praktikum masih perlu untuk ditingkatkan. Masalah utama yang dihadapi oleh program studi ini adalah belum terpenuhinya standar minimum yang ditetapkan oleh pemerintah.

Dari data Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) tanggal 14 Agustus 2022 yang merupakan wadah komunikasi Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia untuk Diploma (Pendidikan Vokasi), Strata Satu (Sarjana), Strata Dua (Magister), Strata Tiga (Doktor). Anggota FORTEI merupakan Perguruan Tinggi baik Negeri ataupun Swasta di Indonesia yang memiliki Program Studi Teknik Elektro dan Informatika sejak didirikan tahun 2005, hingga agustus 2022 terdapat 5 Perguruan Tinggi di Sumatera Barat dari 234 Perguruan Tinggi di Indonesia yang bergabung diantaranya: Institut Teknologi Padang (ITP), Universitas Negeri Padang (UNP), Universitas Andalas (UNAND), Universitas Bung Hatta (UBH), Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat). Dalam Standar FORTEI, diwajibkan semua Prodi yang tergabung di forum tersebut untuk menjalankan Praktikum Rangkaian Digital yang merupakan kompetensi Utama dalam mengelolah Program Studi Teknik Elektro.

Capaian Pembelajaran (CP) untuk Program Studi S1 Teknik Elektro berlandaskan pada ketentuan yang terdapat dalam Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) serta Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SN-DIKTI). Hal ini tercermin dalam Standar Kompetensi Lulusan (SKL) yang

terdiri dari tiga komponen utama: Sikap, Pengetahuan, dan Keterampilan. Deskripsi CP yang mencakup komponen Sikap dan Keterampilan Umum mengikuti pedoman yang ditetapkan dalam SN-DIKTI (Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2014). Sementara itu, deskripsi untuk komponen Pengetahuan dan Keterampilan Khusus merujuk pada asosiasi program studi Teknik Elektro (FORTEI).

Dengan adanya Kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka oleh Pemerintahan Jokowi melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Nadiem Makarim, Mata Kuliah Praktikum Rangkaian Digital merupakan salah satu bidang keahlian yang dipelajari di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat yang dapat diselaraskan pembelajaran diluar program Studi maupun diluar Kampus. Pemahaman tentang konsep dasar dan pengembangan aplikasi dalam bidang rangkaian digital tidak dapat dicapai hanya melalui pembelajaran teori. Untuk benar-benar memahami rangkaian digital, praktikum di laboratorium sangat diperlukan agar dapat melihat secara langsung penerapan teori yang telah dipelajari, sehingga menghasilkan pemahaman yang komprehensif. Dalam praktikum rangkaian digital, penggunaan peralatan Digital *Trainer Set* menjadi penting sebagai representasi nyata dari perangkat keras dalam rangkaian digital. Dengan alat ini, peserta praktikum dapat mengamati secara langsung cara kerja rangkaian digital serta proses logika yang berlangsung, yang ditampilkan melalui alat ukur dan indikator. Selain itu, konversi bilangan adalah bidang ilmu yang mempelajari proses dimana suatu sistem bilangan dengan basis tertentu diubah menjadi bilangan dengan basis yang berbeda. (Wurara *et al.*, 2020)

Pada mata kuliah Praktikum Rangkaian digital terdapat beberapa konsep dasar yang harus dipahami oleh mahasiswa teknik. Diantara konsep tersebut adalah perhitungan konversi sistem bilangan, yang mencakup bilangan biner, oktal, desimal, dan heksadesimal. Selain itu, mahasiswa juga perlu mempelajari sistem kode, seperti BCD, *Excess-3*, dan Gray. (Estu Sinduningrum, 2020)

Mata kuliah Praktikum Rangkaian Digital di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dijadikan salah satu matakuliah wajib pada Program Studi Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat) merupakan salah satu Perguruan Tinggi Swasta di Provinsi Sumatera Barat berada di Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah X. Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat menghadapi tantangan utama yang berasal dari kualitas sarana laboratorium yang masih rendah, yang umumnya dipengaruhi oleh masalah pendanaan.

Berdasarkan hasil observasi didapat bahwa laboratorium yang ada hanya satu dan fasilitas alat yang ada pada laboratorium tidak mencukupi dengan jumlah mahasiswa yang akan melakukan Praktikum Rangkaian Digital yang mana akan sangat berpengaruh terhadap capaian pembelajaran. Media yang digunakan pada pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital memiliki kelemahan seperti belum optimal dalam penggunaan aplikasi pembelajaran *online* seperti *E-Learning*, pembelajaran hanya bersifat konvensional dan dilakukan secara lisan di dalam kelas dengan membimbing mahasiswa Praktikum secara kelompok dimana hal tersebut tidak maksimal. Didapatkan juga bahwa belum adanya penggunaan *simulator* yang dapat membantu dalam pembelajaran menggantikan alat pada mata kuliah Praktikum Rangkaian Digital.

Salah satu teknologi yang harus dimanfaatkan yaitu menerapkan model pembelajaran *online* dengan menggunakan simulasi digital dalam kegiatan pembelajaran Praktikum. Proses pelaksanaan pembelajaran *online* dengan simulasi digital. Mahasiswa mempunyai tanggung jawab dan motivasi belajar yang lebih tinggi. Selain itu mahasiswa juga dapat mengetahui tentang perkembangan teknologi dan informasi yang merupakan salah satu hal yang mempengaruhi kehidupan pada masa sekarang. (Zaimul Ardi, Syahril & Muhammad Anwar, 2019)

Media pembelajaran *online* yang digunakan yaitu *Edlink* yang bisa digunakan pada *Smartphone* baik *android* maupun *ios*. *Edlink* sebagai media

untuk menyampaikan materi/jadwal/pengumpulan tugas yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dalam proses pembelajaran. *Edlink* berbasis *online* sebagai media pembelajaran menjadi alternatif yang tepat dalam pemanfaatan teknologi dan meningkatkan mutu pendidikan. Media *online Edlink* dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Konten-konten yang dibuat dalam *Edlink* ini berisikan materi-materi pembelajaran serta simulasi untuk kegiatan Praktikum. Melalui media *Edlink* diharapkan peserta didik tidak terfokus terhadap konten-konten yang ada tetapi juga dapat memahami modul/bahan ajar yang disampaikan oleh Dosen serta melaksanakan tugas-tugas dan pelaksanaan Praktikum yang dikemas dalam bentuk simulasi. Media *Edlink* sebagai media pembelajaran dan simulasi kegiatan Praktikum juga memberikan latihan soal sehingga peserta didik betul-betul memahami materi yang telah mereka pelajari dan dapat melaksanakan Praktikum sesuai dengan yang diharapkan. Soal/latihan yang ada di aplikasi akan diperiksa oleh sistem secara otomatis sehingga dosen bisa mengetahui sejauh mana pengetahuan mahasiswa dalam memahami materi dan melaksanakan Praktikum. Dalam penelitian ini mata kuliah praktikum rangkaian digital yang digunakan sebagai konten untuk *Edlink*.

Simulasi Digital yang digunakan untuk Praktikum Rangkaian Digital dengan *Circuit Verse* yang dapat digunakan secara *online*, dari hasil penelusuran penulis banyak simulator yang dapat digunakan, berikut perbedaaan aplikasi/simulator yang ada:

1. *Proteus* merupakan simulasi *real-time* yang sangat akurat, dapat mensimulasikan berbagai jenis perangkat elektronik termasuk mikrokontroler, memiliki perpustakaan komponen yang luas. Kekurangannya membutuhkan perangkat lunak yang mahal untuk lisensi penuh, memiliki kurva pembelajaran yang tinggi, tidak selalu mendukung perangkat keras yang paling baru. Kelebihan simulasi ini yang sangat akurat, dapat digunakan untuk mensimulasikan mikrokontroler dan perpustakaan komponen yang luas.

2. *Quartus* yaitu menyediakan alat desain yang kuat untuk pembuatan dan verifikasi desain FPGA, mendukung berbagai jenis *chip* FPGA dari Intel (sebelumnya Altera), memiliki antarmuka pengguna yang intuitif. Kekurangannya adalah kurva belajar yang curam, terutama bagi pemula, membutuhkan perangkat keras yang cukup kuat untuk menjalankan simulasi dan sintesis yang kompleks. Kelebihannya yaitu alat desain FPGA yang kuat, mendukung berbagai jenis *chip* FPGA, antarmuka pengguna intuitif.
3. *Livewire* yaitu antarmuka pengguna yang sederhana dan mudah digunakan, cocok untuk pemula yang ingin mempelajari dasar-dasar sirkuit, menyediakan simulasi *real-time*. Kekurangannya tidak komprehensif atau sesuai dengan alat profesional seperti *Proteus* atau *Quartus*, tidak mendukung simulasi yang sangat kompleks dan keterbatasan dalam hal jenis komponen yang dapat disimulasikan. Kelebihannya yaitu antar muka pengguna yang mudah digunakan, cocok untuk pemula dan simulasi *real-time*.
4. *Fritzing* sangat cocok untuk membuat diagram sirkuit dan tata letak papan sirkuit, mendukung ekspor ke format gambar dan PCB dan gratis untuk digunakan. Kekurangannya tidak mendukung simulasi sirkuit, kurangnya perpustakaan komponen yang luas dibandingkan dengan alat profesional seperti *Proteus* atau *Quartus* dan tidak sesuai untuk desain yang sangat kompleks. Kelebihannya cocok untuk membuat diagram sirkuit dan tata letak papan sirkuit, mendukung ekspor ke format gambar dan PCB.
5. *Electronics WorkBench* yaitu menyediakan simulasi sirkuit yang canggih, cocok untuk aplikasi industri dan akademik serta memiliki perpustakaan komponen yang luas. Kekurangannya sangat membutuhkan langganan berbayar untuk lisensi penuh agar bisa digunakan fitur-fitur yang ada, membutuhkan perangkat keras yang cukup kuat untuk menjalankan simulasi yang kompleks, kurva pembelajaran yang curam. Kelebihannya yaitu simulasi sirkuit canggih, cocok untuk aplikasi industri dan akademik, perpustakaan komponen yang luas.

6. *Autodesk Tinkercad* yaitu berbasis *website*, sehingga dapat diakses dari berbagai perangkat dengan koneksi internet, mudah digunakan, cocok untuk pemula, gratis untuk digunakan, menyediakan alat untuk desain 3D dan simulasi sirkuit. Kekurangannya tidak komprehensif atau sesuai dengan alat profesional seperti *Proteus* atau *Quartus*, memiliki keterbatasan dalam hal kompleksitas sirkuit yang dapat disimulasikan. Kelebihannya sangat mudah diakses melalui *website*, cocok untuk pemula, gratis untuk digunakan, menyediakan alat untuk desain 3D dan simulasi sirkuit.
7. *Circuit Verse* yaitu berbasis *website*, sehingga dapat diakses dari berbagai perangkat dengan koneksi internet, gratis untuk digunakan, dapat melakukan simulasi sirkuit digital dan analog. Kekurangannya hanya dapat digunakan secara *Online* Kelebihannya mudah diakses melalui *website*, gratis untuk digunakan, mampu melakukan simulasi sirkuit digital dan analog, Dapat didownload pada *smartphone* Hasil dapat disimpan secara *Online* dan *Offline*

Dari penjelasan di atas, aplikasi/simulator *Circuit Verse* lebih efektif dan perangkat lunak simulasi berbasis *website* untuk membuat dan menguji sirkuit lengkap. Jadi tidak memerlukan perangkat keras, hasil dapat disimpan secara *online* dan *offline*. Selain itu Simulator *Circuit Verse* dapat di *download* di *PlayStore* dan digunakan di *Smartphone* yang nantinya dapat digunakan untuk melakukan penilaian dan pemberian tugas kepada mahasiswa.

Circuit Verse adalah aplikasi *Android* yang menawarkan *platform* yang mudah digunakan untuk merancang dan mensimulasikan rangkaian. Tujuannya adalah menyediakan antarmuka pengguna grafis yang intuitif yang memungkinkan pengguna dengan mudah membuat dan mensimulasikan rangkaian kompleks. Meskipun perangkat lunak ini mampu merancang implementasi CPU lengkap, fokus utamanya adalah pada penggunaan pendidikan.

Salah satu fitur unggulan dari *Circuit Verse* adalah kesesuaiannya untuk lingkungan kelas. Dosen dapat membuat grup dan menambahkan mahasiswa untuk memfasilitasi kolaborasi dan komunikasi yang mudah. *Platform* ini juga

memungkinkan dosen untuk memposting tugas dan menilainya, menyederhanakan proses pendidikan. Fitur-fitur ini membuat *Circuit Verse* menjadi alat yang sangat baik untuk mengajarkan desain dan simulasi rangkaian secara interaktif dan menarik.

Sebagai proyek *open-source*, *Circuit Verse* mendapatkan manfaat dari komunitas pengguna dan pengembang yang aktif. Hal ini memastikan bahwa perangkat lunak ini terus diperbarui dan ditingkatkan berdasarkan umpan balik pengguna dan teknologi yang muncul. *Circuit Verse* menyediakan *platform* yang serbaguna dan mudah digunakan untuk menjelajahi dunia *desain* dan simulasi rangkaian, Hal inilah yang menjadi pembeda dari aplikasi simulator lainnya sehingga faktor kekurangan fasilitas laboratorium dapat diatasi dan mahasiswa dapat belajar secara *online* kapanpun dan dimanapun selagi masih terhubung dengan internet tanpa terhalang oleh fasilitas laboratorium. Penelitian dilakukan bertujuan guna menciptakan model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* dengan menggunakan Simulator *Circuit Verse*.

B. Identifikasi Masalah

Berikut ini adalah masalah yang diidentifikasi sebagai latar belakang masalah penelitian:

1. Keterbatasan fasilitas laboratorium pada Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital.
2. Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital masih memiliki kelemahan dibidang Teknologi berupa SDM dan fasilitas.
3. Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital belum berjalan dengan optimal.
4. Sistem Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital masih melakukan proses pembelajaran secara individu.
5. Sistem Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital tidak efektif dalam pembelajaran.

C. Batasan Masalah

Fokus penelitian ini adalah pengembangan Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* melalui *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, rumusan pada penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana gambaran pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* pada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro?
2. Bagaimana model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan metode kolaborasi yang diterapkan secara *online* pada program studi Teknik Elektro?
3. Bagaimana Validitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online*?
4. Bagaimana Praktikalitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online*?
5. Bagaimanakah Efektivitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjabaran dari rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan gambaran pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* mahasiswa Program Studi Teknik Elektro.

2. Menghasilkan model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis online menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*.
3. Menguji validitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*.
4. Menguji Praktikalitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*.
5. Membandingkan efektivitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*.

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

- a. Memperdalam konsep dan teori model evaluasi Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* yang valid, praktis dan efektif.
- b. Hasil yang diperoleh sebagai informasi, referensi dan rekomendasi untuk perbaikan Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Mahasiswa
 - 1) Mempermudah mahasiswa untuk mengikuti aktivitas Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.
 - 2) Mempermudah mahasiswa untuk mendapatkan bahan Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital.
 - 3) Mempermudah mahasiswa untuk melakukan persiapan pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.
- b. Bagi Dosen
 - 1) Memudahkan dosen dalam melakukan Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.
 - 2) Memudahkan dosen dalam memasukan materi pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital.

3) Membantu dosen dalam mencapai kompetensi yang diharapkan pada mata kuliah Praktikum Rangkaian Digital.

4) Membantu dosen untuk melakukan proses pembelajaran ketika melaksanakan tugas di luar kampus.

c. Bagi Pendidikan Vokasi

Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital supaya lebih efektif dan efisien serta memberikan rekomendasi perbaikan dalam pengambilan keputusan dalam Pendidikan Vokasi.

d. Bagi Peneliti

1) Menjadikan peneliti memahami dan mengembangkan suatu Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.

2) Peneliti dapat meningkatkan kemampuan mengembangkan Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.

e. Bagi pengembang selanjutnya

Dapat melakukan penelitian Model evaluasi Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* untuk lebih lanjut.

G. Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Spesifikasi dari hasil penelitian ini merupakan produk yakni untuk melaksanakan sistem pembelajaran dengan aplikasi berbasis *web* Simulator *Circuit Verse* untuk model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*, kemudian menghasilkan sebuah model evaluasi program, disamping itu juga menghasilkan rekomendasi untuk perbaikan dan pengambilan keputusan dan mencakup langkah-langkah yang efektif dalam melakukan evaluasi. Produk yang dihasilkan melalui Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital adalah sebagai berikut:

1. Buku tentang Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
2. Buku Ajar mengenai Rangkaian Digital.
3. Buku Panduan untuk Praktikum Rangkaian Digital.

Merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muchlas pada tahun 2013 dengan menggunakan yang aplikasi *TeamViewer (remote desktop)* untuk *chatting* dan *video conference*, dan aplikasi *Breadboard* untuk mengakses simulator, sehingga pada penelitian sebelumnya penulis menganggap belum efektif, karena hanya dilakukan dengan kolaborasi *online* dengan menggunakan *remote desktop*, selain itu tidak dapat berkolaborasi antara mahasiswa terkait tugas yang telah dibuat.

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Asumsi dan keterbatasan pengembangan evaluasi Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital adalah sebagai berikut:

1. Perlunya diadakan sosialisasi untuk penggunaan Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online*.
2. Perlunya diberikan bimbingan kepada mahasiswa untuk Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* supaya mendapatkan hasil yang efektif dan efisien.

I. Definisi Operasional

Pengembangan model ini menggunakan definisi operasional berikut:

1. Model Pembelajaran berbasis *online* yaitu metode atau pendekatan pengajaran yang menggunakan *platform* digital untuk menyampaikan materi, berinteraksi dengan siswa, dan mengelola proses belajar-mengajar.
2. Praktikum Rangkaian Digital adalah kegiatan praktis di laboratorium atau secara virtual yang dirancang untuk memahami, merancang, dan menguji rangkaian digital.
3. *Edlink* merupakan sebuah *platform* teknologi yang membantu dosen dan mahasiswa dalam kegiatan pembelajaran.
4. Simulator *Circuit Verse* adalah sebuah *platform* berbasis *web* yang menyediakan simulator rangkaian digital interaktif.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan temuan penelitian yang diuraikan pada Bab IV tentang pengembangan Model Pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* melalui *Edlink* dan simulator *Circuit Verse*, maka dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. Model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* menunjukkan terhadap penguasaan konsep teoritis yang harus diaplikasikan dalam konteks praktis, yang sulit perlunya peningkatan kualitas karena berpengaruh dicapai tanpa Praktikum yang memadai.
2. Pengembangan pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* dengan menggunakan platform seperti *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* serta pendekatan kolaborasi *online* menunjukkan pentingnya inovasi ini dari segi strategis dan pedagogis.
3. Model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* yang menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online* melibatkan analisis mendalam untuk mencapai tujuan pembelajaran. Cakupan materi yang disajikan melalui *Edlink* dan relevansi tugas di *Circuit Verse* terhadap konsep dan keterampilan yang dibutuhkan untuk pemahaman mendalam tentang Rangkaian Digital.
4. Praktikualitas model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* yang menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan pendekatan kolaborasi *online* mencakup analisis efisiensi dan efektivitas penerapan model ini dalam konteks pembelajaran nyata. *Edlink* dan *Circuit Verse* mudah diakses oleh semua mahasiswa tanpa memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak yang mahal atau kompleks.
5. Penerapan model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* yang menggunakan *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* dengan

pendekatan kolaborasi *online* menunjukkan bahwa model ini sangat efektif dalam meningkatkan keterlibatan mahasiswa, pemahaman materi yang diberikan, dan keterampilan dalam melakukan Praktikum oleh mahasiswa. Pendekatan kolaboratif memungkinkan mahasiswa bekerja dalam tim, berdiskusi, dan memecahkan masalah bersama dan memperdalam pemahaman mereka melalui interaksi aktif.

B. Implikasi

Pengembangan model pembelajaran Praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* melalui *Edlink* dan simulator *Circuit Verse* memiliki implikasi yang luas dalam berbagai aspek pendidikan. Model ini memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan efektivitas dan aksesibilitas pembelajaran, terutama bagi mahasiswa yang sebelumnya menghadapi keterbatasan dalam akses laboratorium fisik. Pendekatan digital memungkinkan mahasiswa untuk belajar dengan lebih fleksibel tanpa terbatas waktu atau ruang. Ini memungkinkan mahasiswa untuk lebih memahami konsep rangkaian digital secara mandiri.

Dari segi pedagogis, model pembelajaran ini mendorong pembelajaran mandiri dan kolaboratif. Mahasiswa dapat mengeksplorasi konsep rangkaian digital secara lebih mendalam melalui simulasi interaktif yang disediakan oleh *Circuit Verse*. Simulasi ini memungkinkan mahasiswa untuk mencoba berbagai konfigurasi rangkaian tanpa risiko kesalahan yang berakibat pada kerusakan peralatan, seperti yang sering terjadi dalam laboratorium konvensional. Dengan adanya diskusi dan tugas berbasis proyek di *Edlink*, mahasiswa juga dapat berkolaborasi dengan teman dan dosen, meningkatkan pemahaman mereka melalui interaksi yang lebih aktif.

Dari aspek teknologi, integrasi *Edlink* sebagai *Learning Management System* (LMS) dan *Circuit Verse* sebagai simulator menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih efektif dan efisien. Mahasiswa hanya memerlukan perangkat dengan koneksi internet untuk mengakses *Circuit Verse*, sehingga

proses pembelajaran dapat dilakukan dengan lebih fleksibel. Namun, tantangan infrastruktur dan literasi digital tetap menjadi perhatian utama, mengingat bahwa beberapa mahasiswa tidak memiliki perangkat yang cukup atau akses internet yang stabil. Untuk mengatasi hal ini, perguruan tinggi dapat menyediakan dukungan berupa fasilitas akses internet di lingkungan kampus serta pelatihan literasi digital bagi mahasiswa dan dosen.

Dalam aspek evaluasi dan asesmen, model ini memungkinkan penilaian berbasis kinerja melalui tugas simulasi dan proyek yang mencerminkan keterampilan praktis mahasiswa. Dibandingkan dengan metode konvensional yang lebih berorientasi pada ujian tertulis, Metode ini memberi mahasiswa kesempatan untuk menunjukkan pemahaman mereka dengan cara yang lebih praktis. Selain itu, fitur otomatisasi penilaian dalam *Circuit Verse* dan *Edlink* membantu dosen dalam mengevaluasi hasil kerja mahasiswa secara lebih efisien, sekaligus memberikan *feedback* yang lebih cepat dan tepat sasaran.

Kesiapan dosen dan mahasiswa juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi model pembelajaran ini. Dosen perlu mendapatkan pelatihan dalam penggunaan *Edlink* dan *Circuit Verse* agar dosen dapat mengoptimalkan potensi dari kedua *platform* tersebut. Sementara itu, mahasiswa juga perlu memiliki motivasi yang tinggi dan kesiapan dalam beradaptasi dengan metode pembelajaran yang lebih berbasis teknologi ini. Jika kedua pihak dapat beradaptasi dengan baik, maka model pembelajaran ini dapat bekerja dengan sempurna dan menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan konvensional.

Dari segi kebijakan institusi, perguruan tinggi harus memberikan dukungan penuh terhadap implementasi model pembelajaran ini. Dukungan tersebut dapat berupa pengadaan infrastruktur yang memadai, penyusunan kebijakan akademik yang mendukung penggunaan teknologi dalam pembelajaran, serta penyediaan bantuan teknis bagi dosen dan mahasiswa. Selain itu, perlu ada integrasi yang jelas antara model pembelajaran ini dengan kurikulum agar pendekatan berbasis digital ini benar-benar dapat mendukung capaian pembelajaran yang telah ditetapkan.

Dengan berbagai implikasi yang telah dijabarkan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan model pembelajaran praktikum Rangkaian Digital berbasis *online* melalui *Edlink* dan *Circuit Verse* memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas, aksesibilitas, serta fleksibilitas pembelajaran. Meskipun terdapat beberapa tantangan dalam implementasinya, dukungan dari berbagai pihak, mulai dari mahasiswa, dosen, hingga institusi pendidikan, akan sangat menentukan keberhasilannya. Jika model ini diterapkan dengan baik, maka pembelajaran praktikum di bidang teknik digital dapat menjadi lebih inovatif dan relevan dengan perkembangan teknologi saat ini.

C. Saran

Berdasarkan hasil, analisis, dan kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat dibuat untuk melanjutkan penelitian ini, yakni:

1. Bagi mahasiswa, perlu waktu untuk memahami fitur-fitur *Edlink* dan *Circuit Verse*, dapat mempelajari cara mengakses materi, mengumpulkan tugas, dan menggunakan simulator secara efektif. Manfaatkan tutorial atau panduan yang tersedia untuk mengatasi hambatan teknis agar efektif dalam kegiatan pembelajaran.
2. Bagi Dosen, diharapkan menyusun materi pembelajaran dengan jelas dan sistematis di *Edlink*. Pastikan setiap modul mencakup tujuan pembelajaran, materi, tugas, dan panduan penggunaan *Circuit Verse*. Hal ini membantu mahasiswa memahami langkah-langkah yang harus diikuti.
3. Kepada peneliti selanjutnya, untuk melakukan kajian potensi integrasi teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam model pembelajaran ini, seperti fitur otomatisasi umpan balik atau personalisasi pengalaman belajar sesuai kebutuhan masing-masing mahasiswa.
4. Bagi Program Studi, untuk mendorong kolaborasi antara mahasiswa S3 dari berbagai disiplin ilmu untuk mengembangkan model pembelajaran yang lebih holistik. Misalnya: kolaborasi dengan bidang Teknik Elektro atau

Teknik Informatika dapat menghasilkan pendekatan yang lebih menyeluruh dalam pengembangan model pembelajaran Praktikum.

DAFTAR RUJUKAN

- Abed, E. K. 2019. Electronic Learning and its Benefits in Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15 (3), 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/ejmste/102668>.
- Abusin, J., & Rofiq, M. H. 2021. Manajemen Monitoring Pembelajaran Berbasis E-Learning (Studi Kasus di SMK Raden Patah Mojosari). *THE JOER: Journal of Education Research*, 1 (1), 36-60.
- Achmat, Z. 2010. Theory of Planned Behavior, *Jurnal Universitas Sumatera Utara*, 23 (2), 1-20.
- Akbar, J. S., Dharmayanti, P. A., Nurhidayah, V. A., Lubis, S. I. S., Saputra, R., Sandy, W., ... & Yuliastuti, C. 2023. *Model & Metode Pembelajaran Inovatif: Teori Dan Panduan Praktis*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Akbar, Z., Ikhsan, M., Helmina, H., Dani, R., & Hierdawati, T. 2023. Peningkatan Keterampilan Pengelolaan Proyek Sistem Informasi Melalui Pelatihan Pembuatan Website Bagi Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Jambi. *Jurnal Suara Pengabdian* 45, 2 (2), 54-65.
- Allerton, D. 2022. *Flight Simulation Software: Design, Development and Testing*. John Wiley & Sons.
- Alsharif, A. 2022. Effect of Using Virtual Lab Simulations on Student's Learning in Online General Physics Courses. *International Journal of Education*, 14(3), 89.
- Anggito, A., & Sartono, E. K. E. 2022. The Development of Multicultural Education Comics to Embed Tolerance Character for 4th Grade of Elementary School. *Jurnal Prima Edukasia*, 10 (1), 66-81.
- Ardi, Z., Syahril, S., & Anwar, M. 2019. Evaluation of Digital Simulation Learning Based E-Learning in SMK Negeri 2 Padang. *International Journal of Educational Dynamics*, 2 (1), 188-198.
- Arends 1997. *Model-Model Pembelajaran Inovatif berorientasi Konstuktivitis*, Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Ariani, M., Zulhawati, Z., Haryani, H., Zani, B. N., Husnita, L., Firmansyah, M. B., ... & Hamsiah, A. 2023. *Penerapan Media Pembelajaran Era Digital*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

- Ariffin, A. S. R., Efrianova, V., Panggabean, T. E., & Verawardina, U. 2023. Development of an Assessment Model for Electric Circuit Courses Based on "Free Campus Learning (MBKM) According to Industry Needs" Using an Expert System. *PaperASIA*, 39 (6b), 71-82.
- Bada, J. K., Atcero, M., Dopia, B. A., Ayikoru, M., Asianzu, E., & Abima, B. 2023. Applying ADDIE Model to Develop Multimedia Lessons for Adolescent Reproductive Health Education in Uganda. *University of Dar Es Salaam Library Journal*, 18 (2). <https://www.ajol.info/index.php/udslj/article/view/264030>.
- BAN PT. 2022. Diakses pada 19 Agustus 2022 dari https://www.banpt.or.id/direktori/prodi/pencarian_prodi.php.
- Barr D, Harrison J, & Conery L. 2011. Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning and Leading with Technology*, 38 (6), 20-23.
- Bayhan, N.G., Karaca, E. 2020. Technological Innovation in Architecture and Engineering Education-An Investigation on Three Generations from Turkey. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17 (1), 1-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-020-00207-0>.
- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. 2018. The 'Digital Natives' Debate: A Critical Review of the Evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39 (5), 775-786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>.
- Bezdek, W., Mays, D., & Powell, R. 2004. The History and Future of Military Flight Simulators. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit, Providence, Rhode Island*. <https://doi.org/10.2514/6.2004-5148>.
- Boateng, Kwame Osei, et al., 2015. "eLAB: An Electronic Lab Simulation Tool". *Proceedings of the 1st Conference in Engineering, Science, Technology and Entrepreneurship*. Kumasi, Ghana.
- Bralić, A., Divjak, B. 2019. Integrating MOOCs in Traditionally Taught Courses: Achieving Learning Outcomes with Blended Learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-017-0085-7>.
- Brin. 2025. Diakses pada 10 Februari 2025 dari <https://brin.go.id/reviews/122173/ekspose-capaian-kinerja-brin-2024-ekosistem-riset-dan-inovasi-untuk-masa-depan-indonesia>.

- Candelas, F. A., et al., 2006. "Including the Virtual Laboratory Concept in an on-Line Collaborative Environment". *IFAC Proceedings*. Volumes 39.6 (2006):571-576.
- Chick, R. C., Clifton, G. T., Peace, K. M., Propper, B. W., Hale, D. F., Alseidi, A. A., & Vreeland, T. J. 2020. Using Technology to Maintain the Education of Residents During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Surgical Education*, 77 (4), 729-732. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.03.018>.
- Chow, S.-C., & Liu, J. 2008. *Design and Analysis of Clinical Trials: Concepts and Methodologies* (Vol. 507). John Wiley & Sons.
- Dick, Walter. 1996. "The Dick and Carey model: Will it Survive the Decade?" *Educational Technology Research and Development*. 44.3 (1996): 55-63.
- Eggen. Paul., dan Kauchak. Don. 2012. *Strategi dan Model Pembelajaran, Mengajarkan Konten dan Keterampilan Berpikir*. Edisi 6. Jakarta: Indeks.
- Eliza, Fivia, et al., 2024. "Assessing Student Readiness for Mobile Learning from a Cybersecurity Perspective". *Online Journal of Communication and Media Technologies*.14.4 (2024): e202452.
- Eman, S. 2021. Shifting from Face-to-Face Learning to Zoom Online Teaching, Research, and Internship Supervision in a Technologically Developing 'Female Students' University in Pakistan: A Psychology Teacher's and Students' Perspective. *Psychology Teaching Review*, 27 (1), 42-55.
- Erfan, M., & Ratu, T. 2018. Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Mahasiswa pada Perkuliahan Elektronika Dasar Melalui Digital Game-Based Learning. *In Prosiding Seminar Nasional Pendidik dan Pengembang Pendidikan Indonesia* (Vol. 1, No. 1, pp. 332-337).
- Esqueda-Elizondo, José Jaime, and Laura Jiménez-Beristáin. "Annette Sofia and SERRANO-TRUJILLO, Alejandra".
- Estu Sinduningrum, R. 2020. Perancangan Aplikasi Mobile untuk Pembelajaran Matakuliah Sistem Digital (Sisdig Corner's). *Infotekjar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i1.2266>.
- Fahrurrozi, M., & SE, M. 2024. *Trend and Innovation in Economics Education Analysis and Implication*. PT. Literasi Nusantara Abadi Grup.
- Fatimah, S., Apriono, D., & Sutrisno, S. 2024. Model Pembelajaran Kolaboratif Berbasis On Line di Era Milenial (Alternative Pemecahan Masalah). *Jurnal Darma Agung*, 32 (3), 407-413.

- Fauziah, A., & Aliyyah, R. R. 2024. Analisis Pemahaman dan Respon Mahasiswa terhadap Implementasi Learning Management System di Universitas Djuanda. *Karimah Tauhid*, 3 (2), 2512-2525.
- Firdaus, Firdaus. 2020. "Implementasi dan Hambatan pada Pembelajaran Daring di Masa Pandemi Covid 19". *Utile: Jurnal Kependidikan*. 6.2:220-225.
- Fitrah, M. 2018. *Metodologi Penelitian: Penelitian Kualitatif, Tindakan Kelas & Studi Kasus*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Fitriani, Y. 2020. Analisa Pemanfaatan Learning Management System (LMS) sebagai Media Pembelajaran Online Selama Pandemi Covid-19. *JISICOM (Journal of Information System, Informatics and Computing)*, 4 (2), 1-8.
- Fortei. 2022. Diakses pada 19 Agustus 2022 dari <https://fortei.org/>.
- Fuada, S., Jannah, N. F., Zarkasyi, N., & Hady, M. F. 2024. Analisis Rangkaian Mesh dengan Aplikasi Android Proto Circuit dan Pembuktiannya dengan Eksperimen Real. *Jurnal JEETech*, 5 (1), 1-13.
- Gaydos, B., Anderson, K. M., Berry, D., Burnham, N., Chuang-Stein, C., Dudinak, J., Fardipour, P., Gallo, P., Givens, S., Lewis, R., Maca, J., Pinheiro, J., Pritchett, Y., & Krams, M. 2009. Good Practices for Adaptive Clinical Trials in Pharmaceutical Product Development. *Drug Information Journal*, 43 (5), 539-556. <https://doi.org/10.1177/009286150904300503>.
- Gruenewald, A., Giesser, C., Buechner, S., Gibas, C., & Brueck, R. 2021. Going Virtual: Teaching Practical Skills of Circuit Design and Programming for Heterogeneous Groups Online. *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 404-412. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9454125/>.
- Harefa, K., Rachmatika, R., & Agustian, B. 2020. *Komputer dan Masyarakat*.
- Hariyadi, H., Misnawati, M., & Yusrizal, Y. 2023. *Mewujudkan Kemandirian Belajar: Merdeka Belajar Sebagai Kunci Sukses Mahasiswa Jarak Jauh*. Badan Penerbit Stiepari Press, 1-215.
- Haryadi, R. N., Utarinda, D., Poetri, M. S., & Sunarsi, D. 2023. Peran Teknologi Informasi dalam Meningkatkan Pembelajaran Bahasa Inggris. *Jurnal Informatika Utama*, 1 (1), 28-35.
- Helsa, Y., Marasabessy, R., Juandi, D., & Turmudi, T. 2022. Penerapan Hybrid Learning di Perguruan Tinggi Indonesia: Literatur Review. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7 (1), 139-162.

- Heryana, N., Putro, A. N. S., Erliyani, I., Dewi, E. N. F., Supriadi, A., Nurdin, A. M., & Dwi, R. 2023. *Prinsip Sistem Operasi*. Sada Kurnia Pustaka.
- Ioannidou, A., Bennett, V., Repenning, A., Koh, K. H., & Basawapatna, A. 2011. *Computational Thinking Patterns*. Online Submission.
- Iru, La dan La Ode Safiun Arihi. 2012. *Analisis Penerapan Pendekatan, Metode, Strategi, dan Model-Model Pembelajaran*. Yogyakarta: Multi Presindo.
- Isnaeni, W., Sujatmiko, Y. A., & Pujiasih, P. 2021. Analysis of the Role of Android-Based Learning Media in Learning Critical Thinking Skills and Scientific Attitude. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10 (4), 607-617. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i4.27597>.
- Jodi, Michael. 2024. Rancang Bangun Game Simulator Pendukung Praktikum Elektronika Berbasis Website untuk Siswa SMK Kelas X Menggunakan Unity Game Engine. *Diss. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta*.
- Joyce, Bruce, Marsha Weil, & Emily Calhoun. 2000. *Models of Teaching*. USA: Library of Congress Cataloging-in- Publication Data.
-
- _____. 2015. *Models of Teaching*. USA: Library of Congress Cataloging-in- Publication Data diakses 18 Agustus 2022 dari https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/234477/mod_resource/content/1/Models%20of%20Teaching%20by%20Bruce%20R.%20Joyce%20C%20Marsha%20Weil%20C%20Emily%20Calhoun%20%28z-lib.org%29.pdf.
- Kamaruddin, I., Sari, M. N., Papia, J. N. T., Usman, P. M., Andriani, N., & Kesek, M. N. 2024. Implementasi Metode Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Pendidikan Tinggi untuk Memfasilitasi Pemecahan Masalah Multidisiplin. *Journal on Education*, 6 (4), 19620-19630.
- Kantzavelou, Ioanna. 2005. "A Virtual Lab Model for an Introductory Computer Science Course". *Facta Universitatis-Series: Electronics and Energetics*. 18.2:263-274.
- Kaplan, A.M., Haenlein, M. 2016. Higher Education and the Digital Revolution: About MOOCs, SPOCs, Social Media, and the Cookie Monster. *Business Horizons*, 59 (4), 441-450. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.03.008>.
- Khan, M. A., Kamal, T., Illiyan, A., & Asif, M. 2021. School Students' Perception and Challenges Towards Online Classes During COVID-19 Pandemic in India: An econometric analysis. *Sustainability*, 13 (9), 4786.

- Koo, T. K., & Li, M. Y. 2016. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15 (2), 155-163.
- Kozma, R. B., Belle, L. W., & Williams, G. W. 1978. Instructional Techniques in Higher Education. *Englewood Cliffs*. In Educational Technology Publications, Inc.
- Ladjar, M. A. B. 2021. *Optimalisasi Pemahaman Mahasiswa Mata Kuliah Evaluasi Pembelajaran Penjasorkes Melalui Strategi Pembelajaran Daring*. Akademisi dan Jurusan Jitu Pembelajaran Daring, 49.
- Latif, Nova Amalia. 2009. "Pengembangan E-Laboratory Untuk Praktikum Elektronika pada Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan". *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, FMIPA, UNY*. Vol. 16.
- Light, Greg, Susanna C. Calkins, and Roy Cox. 2009. "Learning and Teaching in Higher Education: The Reflective Professional". 1-360.
- Lv, Z., Song, H., Basanta-Val, P., Steed, A., & Jo, M. 2017. Next-Generation Big Data Analytics: State of the Art, Challenges, and Future Research Topics. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13 (4), 1891-1899.
- Magdalena, I., Ahmad, F. F., & Nurachman, S. 2024. *Model-Model Desain Pembelajaran SD*. Sindoro: Cendikia Pendidikan, 2 (7), 61-70.
- Majid, N. W. A., Fuada, S., Fajri, M. K., Nurtanto, M., & Akbar, R. 2020. *Progress Report of Cyber Society v1. 0 Development as A Learning Media for Indonesian Society to Support EFA*. Int. J. Eng. Pedagog., 10 (4), 133-145.
- Mateev, Vladimir, Svilena Todorova, and Angel Smrikarov. 2007. "Test system in digital logic design virtual laboratory: tasks delivery". *Proceedings of the 2007 International Conference on Computer Systems and Technologies*.
- Mayende, Godfrey, et al. 2017. "Learning Groups for MOOCs Lessons for Online Learning in Higher Education". *Interactive Collaborative Learning: Proceedings of the 19th ICL Conference-Volume 1*. Springer International Publishing.
- Mehta, S., Bastero-Caballero, R. F., Sun, Y., Zhu, R., Murphy, D. K., Hardas, B., & Koch, G. 2018. Performance of Intraclass Correlation Coefficient (ICC) as a Reliability Index Under Various Distributions in Scale Reliability Studies. *Statistics in Medicine*, 37 (18), 2734-2752. <https://doi.org/10.1002/sim.7679>.

- Menendez, Luis M., et al. 2006. "Virtual Electronics Laboratory: A New Tool to Improve Industrial Electronics Learning". *IECON 2006-32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics*. IEEE.
- Meyers, E. M., Erickson, I., & Small, R. V. 2013. Digital Literacy and Informal Learning Environments: An Introduction. *Learning, Media and Technology*, 38 (4), 355-367. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17439884.2013.783597>.
- Molenda, M. 2003. In Search of the Elusive ADDIE Model. *Performance Improvement*, 42 (5), 34-37.
- Mousavi, A., Mohammadi, A., Mojtahedzadeh, R., Shirazi, M., Rashidi, H. 2020. E-Learning Educational Atmosphere Measure (EEAM): A New Instrument for Assessing EStudents' Perception of Educational Environment. *Research in Learning Technology*, 28. <https://doi.org/https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2308>.
- Muchlas. 2013. *Pengembangan Model Pembelajaran Online untuk Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi*. Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, <https://scholarhub.uny.ac.id/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=jpv>.
- Muhajarah, K., & Sulthon, M. 2020. Pengembangan Laboratorium Virtual sebagai Media Pembelajaran: Peluang dan Tantangan. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3 (2), 77-83.
- Mukarromah, D., & Sutabri, T. 2023. Learning Management System Berbasis Cloud dalam Model Pembelajaran Blended Learning pada Fakultas Saintek UIN Raden Fatah. *Jurnal Fasikom*, 13 (02), 132-137.
- Mulya, R., Jalinus, N., Effendi, H., & Muttaqin, K. *Student's Perception of Virtual Breadboard Simulator and TeamViewer in Digital Electronics*.
- Mulyatiningsih, Endang. 2016. "Pengembangan Model Pembelajaran". Diakses dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/dra-endang-mulyatiningsih-mpd/7cpengembangan-model-pembelajaran.pdf> pada September.
- Muruganantham, G. 2015. Developing of E-Content Package by Using ADDIE Model. *International Journal of Applied Research*, 1 (3), 52-54.
- Nieveen, Nienke, and Elvira Folmer. 2013. "Formative evaluation in educational design research". *Design Research*. 153.1:152-169.

- Nugraha, I. Gde Dharma, and Dede Kosasih. 2022. "Evaluation of Computer Engineering Practicum Based-On Virtual Reality Application". 156-162.
- Nur, Muh Nadzirin Anshari, et al. "Analisis Kebutuhan Sistem Laboratorium Virtual IoT Terintegrasi SPADA Universitas Halu Ole.
- Nurlan, F. 2019. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. CV. Pilar Nusantara.
- Papadakis S, & Kalogiannakis M. 2017. Mobile Educational Applications for Children. What Educators and Parents Need to Know. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 11, 256-277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1504/IJMLO.2017.10003925>.
- Pare, A., & Sihotang, H. 2023. Pendidikan Holistik untuk Mengembangkan Keterampilan Abad 21 dalam Menghadapi Tantangan Era Digital. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7 (3), 27778-27787.
- Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.
- Plomp, Tjeerd. 2013. "Educational Design Research: An Introduction". *Educational Design Research*, 1. 11-50.
- Presiden Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 1999*.
- Presiden Republik Indonesia. 2003. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
- Pribadi, B.A. 2011. *Model Assure untuk Mendesain Pembelajaran Sukses*. Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Rachmadi, T., & Kom, S. 2020. *Pengantar Teknologi Informasi* (Vol. 1). Tiga Ebook.
- Radu, Aurelian, et al. 2010. "Expression of Follicle-Stimulating Hormone Receptor in Tumor Blood Vessels". *New England Journal of Medicine*, 363.17. 1621-1630.
- Rahi, S. 2017. Research Design and Methods: A Systematic Review of Research Paradigms, Sampling Issues and Instruments Development. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 6 (2), 1-5.

- Refdinal, R., Adri, J., Prasetya, F., Tasrif, E., & Anwar, M. 2023. Effectiveness of Using Virtual Reality Media for Students' Knowledge and Practice Skills in Practical Learning. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 7 (3), 688-694.
- Reigeluth, Charles M. 1983. *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*. Routledge.
- Safrianti, Ery. "Pembuatan Virtual Laboratory sebagai Alat Bantu Ajar Kuliah Elektronika Digital dengan Simulator Logika Logically dan DSCH2".
- Sahabudin, A. 2023. ChatGPT: Sebuah Transformasi Cara Belajar Mahasiswa Studi Kasus: Mahasiswa ITBM Polman di Kabupaten Polewali Mandar. *Jurnal E-Bussiness Institut Teknologi Dan Bisnis Muhammadiyah Polewali Mandar*, 3 (1), 65-73.
- Santoso, Budi, Mukhlas Triono, and Zulkifli Zulkifli. 2023. "Tantangan Pendidikan Islam Menuju Era Society 5.0: Urgensi Pengembangan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran PAI di Sekolah Dasar". *Jurnal Papeda: Jurnal Publikasi Pendidikan Dasar* 5.1. 54-61.
- Saputra, T. B. R. E., Nur, M., & Purnomo, T. 2019. Pengembangan Pembelajaran Inkuiri Berbantuan PhET untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *JSEP (Journal of Science Education and Practice)*, 1 (1), 20-31.
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T., & Lee, Y. 2007. A Meta-Analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (10), 1436-1460. <https://doi.org/10.1002/tea.20212>.
- Sukmawan, Asep Chandra. "Keefektifan Metode Pembelajaran Berbasis Inkuiri Berbantuan Circuit Simulator pada Mata Pelajaran Elektronika Dasar Siswa Kelas X SMK N 2 PENGASIH".
- Sunal, D. W., Wright, E., & Sundberg, C. 200). The Impact of the Laboratory and Technology on Learning and Teaching Science K-16 (Alabama). *PusInformation Age Publishing, Inc.* at Studi Hukum FH UII.
- Sunandi, I., Juliati, J., Hermawan, W., & Ramadhan, G. 2023. Dampak Integrasi Teknologi pada Pengalaman Belajar Mahasiswa Perguruan Tinggi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7 (1), 3046-3054.
- Sutarman, Tatang, Rahman, Khaeriah Dahlan, dan Wahyu Kumala Sari. 2023. *Jurnal Pegabdian Papua*. Papua: Jurnal Pegabdian Papua.

- Taufik, A., Sudarsono, G., Sudaryana, I. K., & Muryono, T. T. 2022. *Pengantar Teknologi Informasi*. Yayasan Drestanta Pelita Indonesia, 1-113.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., dan Semmel, M. I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis, Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education. University of Minnesota.
- Tian, L., Holmgren, R. A., & Matouschek, A. 2005. A Conserved Processing Mechanism Regulates the Activity of Transcription Factors Cubitus Interruptus and NF- κ B. *Nature Structural & Molecular Biology*, 12 (12), 1045-1053.
- Tota-Maharaj, K. 2012. A Critical Perspective of an Online Hands-On Laboratory Framework for Environmental Engineering Courses. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 2 (3), 58-62. <https://doi.org/10.3991/ijep.v2i3.2104>.
- Tzeng, G.-H., Chiang, C.-H., & Li, C.-W. 2007. Evaluating Intertwined Effects in E-Learning Programs: A Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32 (4), 1028-1044.
- Undang-Undang (UU) Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.
- Undang-Undang (UU) Nomor 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Vejačka, Martin. 2024. "Implementation of Virtual Laboratory of Electronic Commerce into University Course". *TEM Journal* 13.1. 681-691.
- Wang, K., Zhu, C. 2019. MOOC-Based Flipped Learning in Higher Education: Students' Participation, Experience and Learning Performance. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-019-0163-0>.
- Wijayanti, A. 2014. Pengembangan Autentic Assesment Berbasis Proyek dengan Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Ilmiah Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3 (2).
- Wilson, Leslie Owen. 2016. "Anderson and Krathwohl–Bloom's taxonomy revised". *Understanding the New Version of Bloom's Taxonomy*.
- Wu, X., Geng, Z., & Zhao, Q. 2017. Non-Parametric Statistics. *Handbook of Medical Statistics*, 145.

- Wurara, D. Y., Sompie, S. R. U. A., Paturusi, S. D. E., & Kainde, H. V. F. 2020. Rancang Bangun Aplikasi Game Pembelajaran dan Simulasi Sistem Bilangan Digital Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika*, 15 (1), 13-22. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/23995/23680>.
- Yang-Mei, Li, and Cai Bo. 2014. "Electronic circuit virtual laboratory based on LabVIEW and Multisim". *2014 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*. IEEE.
- Yudatama, U., Syamsiyah, N., Wiranata, A. D., Kom, R. I. S., Kom, M., Ma'sum, H., ... & Widiastuti, Y. 2023. *Memahami Teknologi Informasi: Prinsip, Pengembangan, dan Penerapan*. Kaizen Media Publishing.
- Yusuf, A. M. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif & Penelitian Gabungan*. Prenada Media.