

LAPORAN AKHIR

PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



PENGEMBANGAN WEB VIRTUAL LABORATORY (V-LAB) TERPADA UNTUK Mendukung BLENDED LEARNING DI UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

Peneliti

Ketua : Drs. Sriadhi, S.T., M.Pd., M.Kom., Ph.D
NIDN. 0022046310

Anggota : 1. Prof. Dr. Harun Sitompul, M.Pd
NIDN. 0005076013
2. Dr. Restu, M.S
NIDN. 0019076104

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai Kontrak Pelaksanaan Program Pengabdian Masyarakat
Nomor: 214/SP2H/LT/DRPM/2021

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Web Virtual Laboratory (V-Lab) Terpadu untuk Mendukung Blended Learning di Universitas Negeri Medan

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Drs SRIADHI, S.T, M.Kom, M.Pd, Ph.D
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan
NIDN : 0022046310
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informatika dan Komputer
Nomor HP : 081263704236
Alamat surel (e-mail) : sriadhi@unimed.ac.id


Anggota (1)
Nama Lengkap : Dr Drs HARUN SITOMPUL M.Pd
NIDN : 0005076013
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan

Anggota (2)
Nama Lengkap : Dr Drs RESTU M.S
NIDN : 0019076104
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 186,250,000

 Mengetahui,
Dekan FT

(Prof. Dr. HARUN SITOMPUL, M.Pd)
NIP/NIK 196007051986011001

Medan, 14 - 12 - 2021
Ketua,

(Drs SRIADHI, S.T, M.Kom, M.Pd, Ph.D)
NIP/NIK 196304221989031006

 Menyetujui,
Ka LPPM Unimed

(Prof. Dr. BAHARUDDIN ST., M.Pd)
NIP/NIK 196612311992031020

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
RINGKASAN	
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
BAB II KAJIAN TEORITIS	
2.1. Blended :Learning	3
2.2. Laboratrium Virtual	4
2.3. Pengembangan V-Lab	5
2.4. Peta jalan Penelitian	6
BAB III TUJUAN, URGENSI DAN LUARAN PENELITIAN	
3.1 Tujuan Penelitian	8
3.2 Manfaat Penelitian	8
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
4.2 Model Pengembangan	10
4.3 Instrumen penelitian	10
4.4 Teknik Analisis dan uji Program	11
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	
5.1 Implementasi pembelajaran daring pendukung blended learning	13
5.2 Merancang LMS untuk praktikum virtual laborator	13
5.3 Membangun LMS e-learning untuk mendukung Blended :Learning	14
5.4 Mengembangkan bahan ajar digital praktikum laboratorium virtual	17
5.5 Pengujian efektivitas Sistem	18
5.6 Luaran Penelitian	22
5.7 Peran Mitra	23
5.9 Kendala Penelitian	24

BAB VI	RENCANA SELANJUTNYA	25
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	
	7.1 Kesimpulan	26
	7.2 Saran-saran	27
	DAFTAR PUSTAKA	28
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan Virtual Laboratory (V-Lab) terpadu untuk mendukung blended learning di Universitas Negeri Medan. Pengembangan menggunakan model SDLC. Analisis data dilakukan dengan metode Stub Testing, Unit Testing, Black Box Testing dan White Box Testing serta Integration Testing. Tahun pertama difokuskan kepada pengembangan web V-Lab terpadu dengan pilot proyek PS-PTIK-Fakultas Teknik. Hasil uji kelayakan mendapatkan performa yang memuaskan dalam uji blackbox maupun whitebox testing. Tahun kedua V-Lab terpadu dikembangkan untuk mengakomodir para dosen lintas prodi Fakultas Teknik dan perwakilan prodi fakultas lain di lingkungan Universitas Negeri Medan. Tahun ketiga V-Lab terpadu akan dikembangkan menjadi LMS e-learning yang dapat di-creat untuk lintas prodi yang dapat diakses online serta menghasilkan paket bahan ajar digital berbasis virtual untuk mendukung blended learning di Universitas Negeri Medan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hasil belajar ditentukan oleh proses pembelajaran. Proses belajar dapat dilakukan melalui kuliah tatap muka, tugas terstruktur dan belajar mandiri. Sementara efektivitas proses belajar mahasiswa ditentukan pula oleh kecukupan bahan, media pembelajaran, dan sistem yang diunakan[1]. Universitas Negeri Medan menerapkan kurikulum berbasis kompetensi berupa capaian pembelajaran yang mengacu kepada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI). Proses pembelajaran dilakukan dalam bentuk tatap muka, tugas terstruktur dan kegiatan mandiri yang melibatkan berbagai sumber belajar. Tagihan pembelajaran diwajibkan kepada mahasiswa dalam enam tugas, yaitu (1) Tugas Rutin (TR), Critical Book Review (CBR), Critical Jurnal Review (CJR), Mini Riset (MR), Rekayasa Ide (RI), dan Project Work (PW). Kompetensi mahasiswa sebagai hasil belajar diukur melalui 6 tugas tersebut yang dirangkum dalam F1, F2 dan F3 dengan bobot 35% serta F4 sebesar 65% yang terdiri dari nilai hasil Mid Semester dan Akhir semester[2].

Proses pembelajaran yang efektif memerlukan bahan, media, waktu dan sistem yang mendukungnya. Fakultas Teknik dengan konten kurikulum 40% hingga 70% berisikan praktikum membutuhkan fasilitas belajar yang memadai, baik itu bahan kuliah, waktu belajar, dan media yang mensimulasikan aktivitas praktek dalam bentuk media digital[3]. Hasil studi pendahuluan menemukan penerapan kurikulum menghadapi beberapa kendala, terutama kurangnya bahan ajar dan media serta waktu perkuliahan di kalangan mahasiswa. Kurangnya bahan ajar karena didominasi hanya dalam bentuk print-out, sedangkan kekurangan media karena ketiadaan media yang mampu memvisualkan atau mensimulasikan aktivitas praktikum dalam bentuk digital.

Beberapa bahan ajar dan media elektronik yang dimiliki dosen bersifat parsial dan eksklusif sehingga tidak dapat diakses umum. Selain itu, waktu belajar juga dirasakan kurang karena proses pembelajaran masih bersifat konvensional yang interaksi dosen dengan mahasiswa hanya melalui tatap muka di kelas. Adanya Pandemi COVID-19 sejak tahun 2020 memaksa Lembaga Pendidikan untuk melaksanakan perkuliahan secara daring, atas dasar keamanan dan keselamatan. Pandemi ini memperburuk situasi dan kondisi pembelajaran, sebab tidak semua mata kuliah dapat diselenggarakan secara daring khususnya untuk mata kuliah untuk mencapai kompetensi profesional yang membutuhkan praktikum laboratorium dan bengkel. Proses pembelajaran yang tidak maksimal tentu tidak akan mampu mencapai hasil belajar yang optimal. Kelemahan ini berdampak kepada menurunnya kualitas pembelajaran dan kompetensi hasil belajar Mahasiswa.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan di atas menyiratkan kondisi pembelajaran yang tidak efektif jika hanya dilakukan dalam bentuk tatap muka dan penugasan, apalagi hanya dilakukan secara daring. Atas dasar tersebut setidaknya ada 3 masalah pokok yang memerlukan perhatian dan mendesak, yaitu: (1) Bagaimana menyediakan bahan ajar yang tepat dan representative kepada mahasiswa, (2) Bagaimana menyiapkan media pembelajaran untuk mendukung pembelajaran efektif, khususnya untuk pembelajaran yang tidak dapat dilaksanakan secara luring (3) Bagaimana proses pembelajaran dapat berlangsung dengan baik, efektif, efisien dan belajar tidak dibatasi tempat, waktu dan hambatan fasilitas.

Menyikapi kelemahan di atas diperlukan suatu model yang mampu mendukung proses pembelajaran bauran yang mengkombinasikan belajar tatap muka dengan belajar secara daring. Model ini dikenal dengan pembelajaran bauran pembelajaran hybrid yang juga sering disebut dengan blended learning

BAB II

KAJIAN TEORITIS

2.1 Blended Learning

Blended learning merupakan respon terhadap kemajuan teknologi informasi yang diterapkan dalam pembelajaran. Blended learning mengkombinasikan proses pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran dalam jaringan (daring) atau online [3]. Konsep blended learning adalah proses pembelajaran tidak hanya berlangsung secara tatap muka tetapi juga secara daring yang memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi. Ini merupakan perpaduan metodologi terbaik untuk mencapai hasil belajar optimal yang mengkombinasikan pembelajaran tatap muka langsung dengan pemanfaatan teknologi yang umumnya berbasis web atau e-learning [4].

Pembelajaran daring memiliki banyak keunggulan seperti efisiensi biaya, pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan pemahaman materi ajar, meningkatkan motivasi, tanpa dibatasi waktu dan tempat, pembelajaran dapat diulangi kapan saja tanpa mengurangi kualitas. E-learning juga memiliki kelemahan dan karena itu pada blended learning keduanya saling melengkapi, kelemahan pembelajaran tatap muka akan ditutupi oleh e-learning dan sebaliknya kelemahan e-learning akan ditutupi oleh pembelajaran tatap muka. Inilah yang merupakan esensi blended learning yang mengkombinasikan pembelajaran berbasis elektronik (e-learning) dengan belajar tatap muka. Selain tatap muka, pada blended learning bahan ajar dimuat dalam media komputer yang dapat diakses luring maupun daring juga menggunakan telpon seluler atau iPhone, saluran televisi satelit, konferensi secara daring, dan juga media elektronik lainnya [1, 5].

Tujuan utama blended learning adalah memberi kesempatan bagi peserta didik dengan beragam karakteristik agar terjadi belajar mandiri, berkelanjutan, dan berkembang sepanjang hayat, sehingga belajar akan menjadi lebih efektif, lebih efisien serta lebih menarik [6]. Kombinasi waktu pembelajaran bersifat fleksibel sesuai kebutuhan dan bahan ajar yang akan disampaikan, misalnya 40% daring dan 60% tatap muka kelas; 80% daring dan 20% tatap muka kelas; atau 80% workshop dan 20% tatap muka kelas [4].

Pelaksanaan blended learning memerlukan komponen pendukung, antara lain portal atau web learning (website, virtual laboratory), internet dan perangkat akses, automasi transaksi informasi, simulasi, bisnis proses dan kinerja monitoring, pengetahuan berkelanjutan dan feedback, serta prosedur pembelajaran terintegrasi [7]; [1]. Web-learning menjadi media akses online untuk mendukung pelaksanaan blended learning, yang lazim dalam bentuk Virtual Laboratory maupun website e-Learning.

2.2 Laboratorium Virtual

Laboratorium virtual atau Virtual Labs (V-Labs) adalah laboratorium yang terdiri dari perangkat lunak komputer berbasis multimedia interaktif, yang dapat mensimulasikan kegiatan laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. V-Labs merupakan bagian dari e-learning, karena itu konsep dan karakteristik V-Labs tidak jauh berbeda dengan konsep e-learning [8]; [9]. V-Labs juga mensimulasikan aktivitas praktikum yang memerlukan peralatan yang umumnya mahal dengan simulasi menggunakan program yang dijalankan di laboratorium [10]. Demikian juga dengan percobaan yang beresiko tinggi dan berbahaya dapat disimulasikan dalam V-Labs. Selain itu V-Labs memungkinkan untuk membuat visualisasi atau simulasi dan berinteraksi dengan suatu fenomena percobaan di laboratorium nyata. Dengan demikian V-Labs merupakan sarana pembelajaran

berbasis web-learning yang memungkinkan peserta didik melakukan aktivitas pembelajaran melalui simulasi laboratorium.

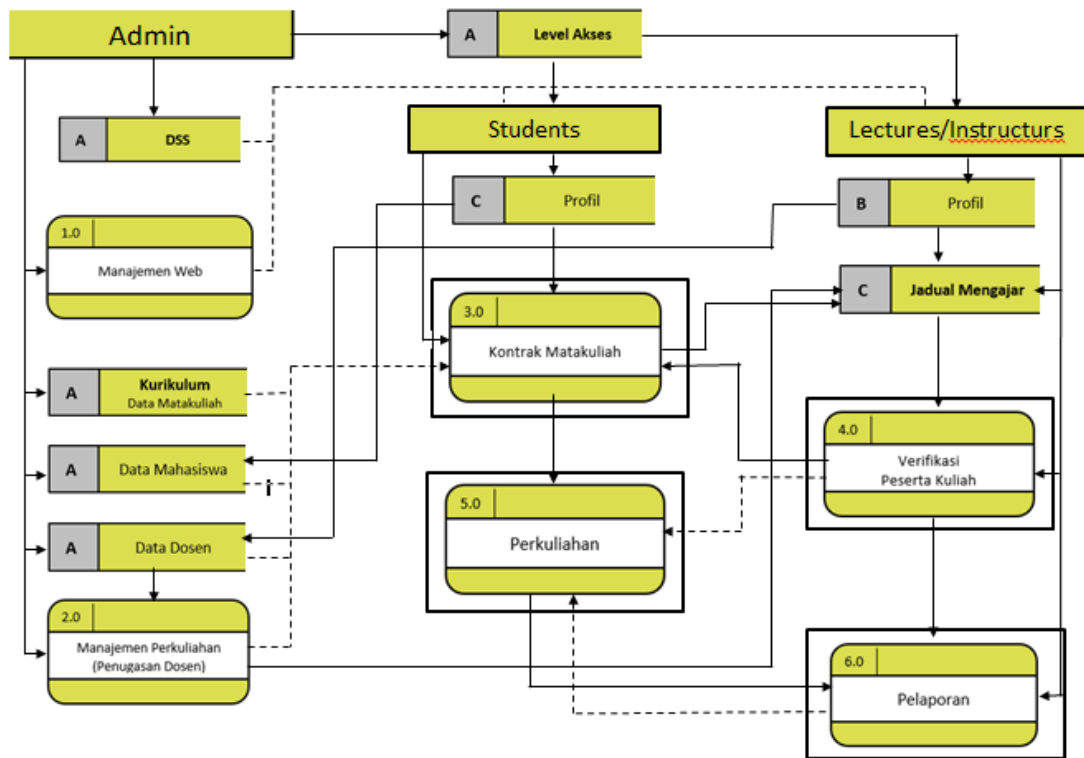
Pembelajaran V-Labs memiliki banyak keunggulan, antar lain proses pembelajaran lebih menarik, lebih interaktif, efisiensi waktu, belajar lebih efektif, proses pembelajaran dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja, menghemat biaya, menggantikan peristiwa nyata tertentu dengan simulasi yang mungkin karena ketiadaan fasilitas, proses yang rumit, resiko bahaya, dan alasan lain [11]. Pembelajaran V-Labs tidak berbeda dengan laboratorium nyata, bahkan dalam kondisi tertentu pembelajaran V-Labs lebih efektif dari pembelajaran nyata lapangan [12]. Selain itu pembelajaran V-Labs juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, melatih mahasiswa dalam pemecahan masalah, meningkatkan motivasi belajar dan juga meningkatkan belajar bermakna [13, 14].

V-Labs terbukti efektif untuk pembelajaran praktikum kelistrikan, selain lebih efisien dan lebih aman [9]. Pembelajaran Fisika V-Labs terbukti lebih efektif dibandingkan melalui laboratorium nyata [10, 13, 15]. Demikian juga dalam bidang komputer [8] dan bidang-bidang lainnya. Dengan dasar tersebut V-Labs merupakan organ penting dalam pembelajaran bauran (Blended Learning) yang mensimulasikan kondisi nyata lapangan dalam bentuk virtual di laboratorium. Hasil penelitian tahun pertama dan kedua juga sudah dipublikasikan melalui Internastional Conference [16], keynote speaker di International Conference [17] dan publikasi di jurnal bereputasi [18,19,20].

2.3 Pengembangan V-Lab.

Pengembangan V-Labs tidak berbeda jauh dengan pengembangan website yang digunakan untuk e-learning. V-Labs lebih mengarah kepada pengujian laboratorium secara virtual yang merupakan simulasi dari pekerjaan laboratorium nyata, sedangkan

e-learning merupakan sistem pembelajaran elektronik yang lebih representatif dimana V-Labs merupakan salah satu bagiannya. Pengembangan program V-Labs dalam penelitian ini menggunakan Framework Codeigniter dan PHP 7.2 sedangkan database menggunakan MySQL dan PosgreSQL[20]

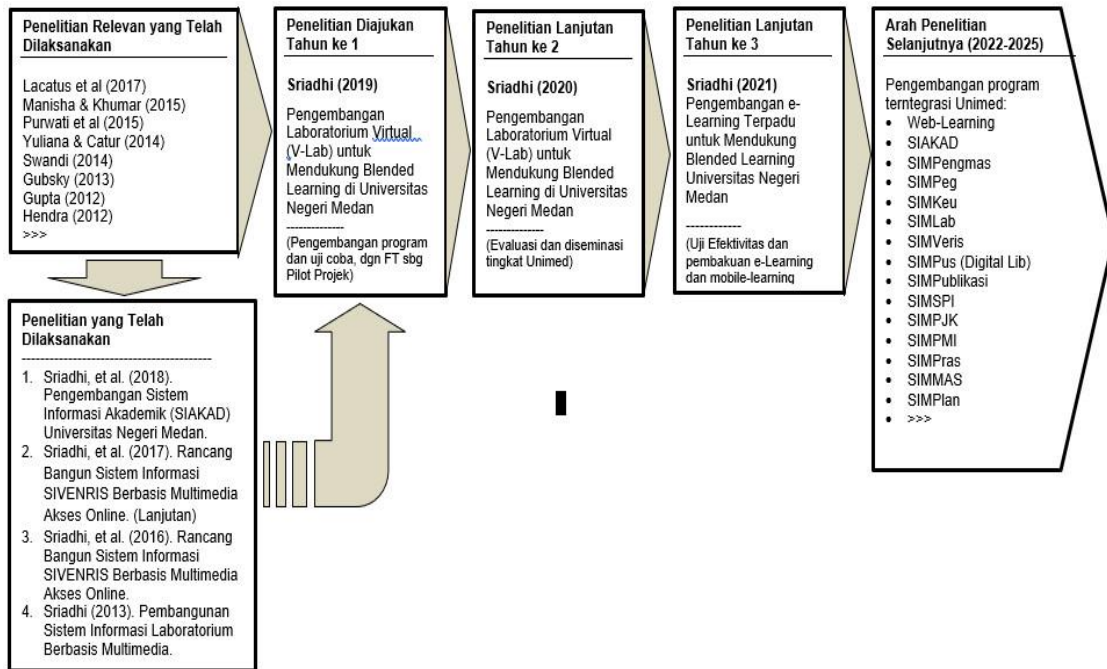


Gambar 1. Diagram DFD level-1 Web-VLabs Universitas Negeri Medan

Pengembangan V-Labs akan dilanjutkan menjadi web-learning sebagai sarana pembelajaran berbasis elektronik (e-learning), sesuai Grand Design Blended Learning System Unimed.

2.4 Peta Jalan Penelitian

Hasil penelitian akan terus dikembangkan sesuai kebutuhan karena sistem didisain untuk open-source, khususnya di lingkungan Universitas Negeri Medan lebih dulu, dan selanjutnya dapat disosialisasikan di perguruan tinggi lain secara lebih luas agar memiliki manfaat lebih luas, sebagaimana tertuang dalam peta jalan penelitian berikut.



Gambar 2.2. Peta Jalan Penelitian

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan memberi solusi atas masalah yang dihadapi dalam penerapan kurikulum yang mengacu kepada Rekayasa Industri 4.0 sebagaimana menjadi komitmen Unimed. Tujuan pokok yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Membangun virtual laboratory terpadu sebagai *web-based learning* untuk mendukung pembelajaran bauran (*blended learning*) pada mata kuliah yang diasuh dosen.
- 2) Mempersiapkan dosen untuk menyusun bahan ajar dalam bentuk digital.
- 3) Mempersiapkan dosen untuk mengembangkan multimedia pembelajaran dalam bentuk digital (visual, video, animasi, simulasi).
- 4) Mempersiapkan dosen untuk mampu menyelenggarakan pembelajaran praktikum secara virtual pada mata kuliah dan topik perkuliahan tertentu
- 5) Menyiapkan perangkat pembelajaran berbasis web virtual sebagai wadah dan sarana pendukung *blended learning* di Universitas negeri Medan.

3.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini akan bermanfaat untuk mendukung implementasi *blended learning system* yang di Universitas Negeri Medan, sebagai upaya meningkatkan mutu pendidikan. Hal ini seiring dengan tuntutan Revolusi Industri 4.0 yang ditandai dengan dominasi penggunaan program aplikasi untuk berbagai pekerjaan yang selama ini dilakukan secara manual oleh tenaga manusia. Dengan pembelajaran berbasis digital

yang berbasis blended learning akan meningkatkan minat dan motivasi serta aktivitas belajar mahasiswa.

Selain itu pemanfaatan waktu belajar juga akan jauh lebih efisien. Buah dari proses tersebut ialah capaian hasil belajar yang akan meningkat sebagai hasil dari inovasi pembelajaran yang berbasis digital dengan blended learning system. Dengan pembelajaran bauran ini tidak hanya mampu meningkatkan motivasi belajar dan kinerja proses dosen yang membawa dampak positif berupa peningkatan hasil belajar, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi biaya pendidikan khususnya dalam pembelajaran virtual laboratory. Lebih spesifik lagi, hasil penelitian ini merupakan jawaban atas permasalahan tidak dapat dilangsungkannya pembelajaran langsung (luring) akibat keterbatasan fasilitas dan akibat pandemic Covid-19. Pada mata kuliah dan topik bahasan tertentu menuntut proses pembelajaran praktikum laboratorium, sebab tidak akan mampu mencapai hasil belajar sebagaimana ditargetkan jika pembelajaran hanya dilaksanakan secara daring. Dengan pembelajaran berbasis virtual ini yang dilakukan secara blended maka permasalahan tersebut dapat diatasi melalui model pembelajaran virtual berbasis web.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Negeri Medan selama tiga tahun (2019-2021). Tahun pertama khusus pada PS-PTIK FT sebagai pilot proyek, tahun kedua diseminasi tingkat universitas (tujuh fakultas dan Pascasarjana), tahun ketiga implementasi dan pembakuan integrasi Blended Learning System Unimed. Unimed sebagai mitra penelitian menyiapkan sarana dan prasarana untuk pengembangan dan uji coba aplikasi V-Labs, juga sumber daya lain yang dibutuhkan untuk pengembangan dan pengujian program aplikasi V-Labs.

4.2 Model Pengembangan

Penelitian ini mengembangkan software virtual laboratorium (V-Lab) berdasarkan analisis kebutuhan, agar dapat mengakomodasi kebutuhan dosen dalam penyelenggaraan perkuliahan khususnya matakuliah praktikum. Pengembangan software menggunakan model System Development Life Cycle (SDLC) yang terdiri dari empat fase (a) Investigation system, (b) Analysis system, (c) Design system, dan (d) Implementation system [21].

4.3 Instrumen Penelitian

Pengembangan V-Lab menggunakan software Framework Codeigniter dan PHP 7.2 dengan pertimbangan keunggulan dalam security system, simpel dan akses lebih cepat. Untuk database digunakan MySQL dan PostgreSQL [22]. MySQL memiliki keunggulan diantaranya (1) portabilitas, (2) open source, (3) multi-user, (4) performance tuning, (5) tipe data beragam, (6) perintah dan fungsi penuh, (7) sistem keamanan berlapis, (8) skalabilitas dan pembatasan, (9) konektivitas, (10) blok program, (11) interface API, (12)

client dan peralatan online, (13) struktur tabel fleksibel. MySQL dengan implementasi basis data relasional (RDBMS) dari General Public License (GPL) juga memberi kesempatan secara luas kepada pengguna sesuai kebutuhan pengguna.

4.4 Teknik Analisis dan Uji Program

Setelah program berjalan sesuai bisnis proyek akan dikembangkan database berbasis PostgreSQL. Langkah ini dilakukan untuk meningkatkan kecepatan akses data, relasi data lebih simpel, dan dengan arsitektur database multi proses yang mampu memikul beban tinggi untuk akses data besar sehingga sistem lebih reliabel [23]. Pengaturan relasi data untuk akses internal fakultas difokuskan menggunakan MySQL sedangkan relasi eksternal berbasis PostgreSQL, yang dikontrol dalam sistem bandwidth management.

Program V-Lab yang dibangun akan dianalisis dan uji performan mengikuti prosedur life cycle yang memverifikasi program apakah memenuhi kebutuhan sistem. Pengujian sistem dilakukan dengan Stub Testing untuk memeriksa apakah struktur kendali sudah memetakan kinerja

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

keseluruhan modul, dan Unit Testing untuk menguji apakah setiap modul sudah menjalankan fungsinya dengan benar. Pada tahap ini dilakukan juga Black Box Testing dan White Box Testing untuk pemeriksaan kembali baris-baris program, variabel-variabel dan parameter untuk diperbaiki dan dikompilasi. Pengujian selanjutnya adalah Integration Testing, untuk menguji interaksi antar modul untuk menghasilkan informasi, meliputi uji setiap fungsi interface, uji skenario pengguna, uji aliran data dan uji sistem interface untuk memastikan aliran antar proses sudah berjalan benar [21,24].

Penelitian Tahun Ketiga

Untuk pelaksanaan penelitian tahun ketiga (terakhir) difokuskan kepada :

- 1) Implementasi blended learning pada aspek daring sebagai pendukung blended learning
- 2) Model perkuliahan praktikum berbasis virtual laboratory untuk praktek laboratorium yang tidak dapat dilaksanakan luring di masa pandemi Covid-19.
- 3) Bahan ajar digital untuk praktikum laboratorium virtual untuk lima mata kuliah terpilih sesuai karakteristik perkuliahan praktek laboratorium maya.
- 4) Publikasi di jurnal internasional untuk mencari masukan untuk penyusunan open-source system w-VLabs

Hasil penelitian akan terus dikembangkan sesuai kebutuhan karena sistem didisain untuk open-source, khususnya di lingkungan Universitas Negeri Medan lebih dulu, dan selanjutnya dapat disosialisasikan di perguruan tinggi lain secara lebih luas agar memiliki manfaat lebih luas pula.

BAB V

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Penelitian pada tahun ketiga atau terakhir ini difokuskan kepada penyempurnaan sistem aplikasi laboratorium virtual (Virtual-Labs) yang dapat digunakan mahasiswa untuk melaksanakan praktikum laboratorium secara virtual dalam bidang sains dan teknologi seperti. Tidak semua praktek laboratorium dapat dilaksanakan secara virtual karena sangat tergantung dengan fasilitas dan tujuan serta lingkup dan urgensi praktikum itu sendiri. Dalam penelitian ini praktek laboratorium secara virtual difokuskan kepada praktek laboratorium dasar seperti matakuliah pendukung keahlian di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro seperti Fisika Listrik, Elektronika Dasar dan Teknik Kelistrikan Dasar. Tahapan penelitian dilakukan meliputi pekerjaan sebagai berikut.

5.1 Implementasi Pembelajaran daring sebagai pendukung blended learning.

Ada beberapa aktivitas yang dilakukan untuk implementasi blended learning pada aspek daring. Langkah pertama adalah melakukan analisis kebutuhan pengguna baik admin, dosen atau instruktur dan mahasiswa berdasarkan kurikulum dan perkembangan sains dan teknologi. Pada tahapan ini sistem web-learning yang sudah diuji pada tahun sebelumnya dan layak untuk digunakan sesuai kriteria SDLC, pada tahun ketiga dikembangkan lebih spesifik untuk menyahuti kebutuhan spesifik pengguna yang diperoleh dari analisis kebutuhan user.

5.2 Merancang LMS untuk praktikum virtual laboratory.

Pada tahapan ini dilakukan beberapa kegiatan mulai dari mendesain alur kerja sistem yang mengatur relasi antara variabel yang berperan dalam sistem. Adanya

kebutuhan dari user baik dosen atau instruktur maupun mahasiswa menuntut pengembangan sistem guna menyahuti kebutuhan tersebut. Untuk itu dilakukan extend meskipun tidak bersifat major. Pada kelompok admin tidak banyak mengalami perubahan karena sudah dapat mengakomodir kebutuhan konfigurasi yang dibutuhkan untuk implementasi. Tetapi pada kelompok dosen atau instruktur ada pengembangan terkait dengan beberapa fitur seperti penyempurnaan menu “forum diskusi”, bentuk dokumen yang dapat disubmit ke sistem serta kapasitasnya, dan juga space untuk aplikasi video, animasi dan simulasi.

Demikian juga dengan kelompok mahasiswa yang masih perlu disempurnakan, seperti presensi kuliah praktikum virtual, pengaturan waktu submit yang harus ditetapkan batas awal submit dan limit waktu terakhir. Demikian juga dengan pembobotan skor penilaian yang belum diatur secara rinci pada aplikasi sebelumnya, sebab ahanya dikelompokkan pada mid tes, tugas-tugas dan final tes. Untuk extend di tahap ini didisain bobot tiap kriteria praktikum meskipun dilaksanakan secara virtual. Beberapa aspek penilaian yang ditambahkan adalah ketepatan teori dan konsep dasar, ketepatan instalasi, ketepatan mekanisme atau tahapan pekerjaan, pengamatan dan pencatatan hasil praktikum, analisis dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan.

5.3 Membangun LMS e-learning untuk mendukung Blended :Learning

. Untuk mendukung pembelajaran secara blended perlu dibangun LMS yang mampu memenuhi kebutuhan pembelajaran daring.. Pada tahap ini ada dua kegiatan upata yang dilakukan.

- a. Mengwmbangkan LMS Virtual Labiratory berbasis web dengan menyiapkan fitur aktivitas belajar online, storage bahan ajar, forum diskusi, aplikasi praktikum virtual, dan evaluasi. LMS e-learning ini hanya extend dari LMS awal w-learning.unimed.ac.id yang sudah dibangaun dan diuji di tahun sebelumnya. Hanya saja LMS tersebut masih didisain untuk pembelajaran

blended yang bersifat perkuliahan general e-learning bersdiafat kuliah teori, sedangkan tuntutan berkembang seiring kebutuhan seperti praktikum virtual. Tuntutan ini lebih disebabkan oleh kebutuhan yang selama ini bersifat suplemen tetapi karena Pandemi Covid-19 hal tersebut menjadi kebutuhan wajib yang harus dilakukan sebab praktikum laboratorium secara real lab tidak dimungkinkan sehingga kegiatan penelitian dikembangkan (extend) ke pengembangan fitur “Praktikum Virtual” atau virtual laboratory yang menjadi wajib dilakukan. Ada manfaat yang diperoleh dari kondisi ini, yakni mengembangkan sistem LMS lebih dari yang didisain seperti proposal awal, meskipun kelanjutan penelitian jika menginginkan sampai kepada produk terapan maka dapat dilanjutkan untuk penelitian dalam skema pengembangan.

- b. Menguji kinerja LMS e-learning berbasis web sesuai standar performan sistem. Tahap ini fokus kepada pengujian kinerja sistem w-learning untuk menyahuti kebutuhan user yakni praktikum virtual, yang perlu disesuaikan mulai dari karakteristik bahan ajar digital, media animasi, simulasi virtual, dan tahapan praktikum serta eperimen virtual dan pembahasan serta evaluasi. Proses pengembangan dan uji kelayakan sistem dilakukan selama hampir tiga bulan yaitu bulan Maret hingga Juni 2021. Tahapan pengujian dan perbaikan berulang hingga sistem mampu menampilkan performan sesuai dengan plan yang telah didisain sebelumnya.

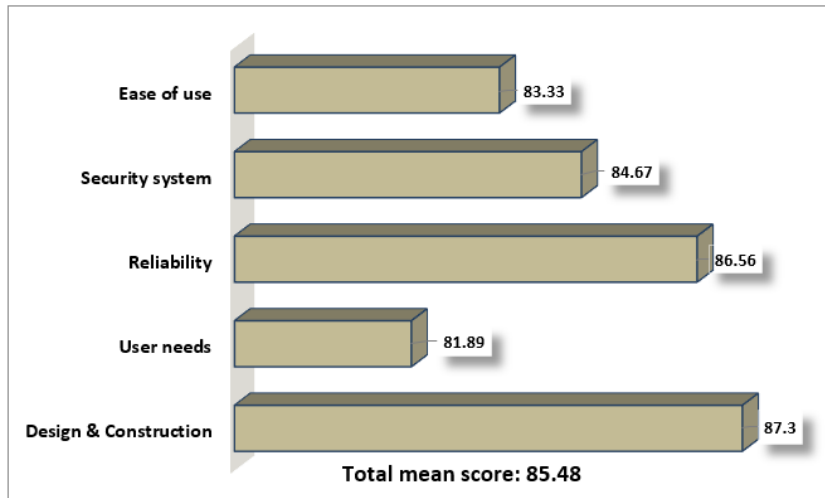
Pengujian kinerja program menggunakan sintaks SDLC yang dilakukan pada setiap unit model program untuk menguji apakah kinerja sudah sesuai dengan rancangan, integrasi unit dan reliabilitas koneksi dalam sistem. Ringkasan hasil uji kinerja program diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kelayakan LMS Web-Based Virtual-Labs

No	Aspects	Criteria	Feasibility Scores			Average
			Expert I	Expert II	Expert III	
1	Design & Construction	a. layout system	85	84	82	83.67
		b. program facilities	88	86	90	88.00
		c. navigation	96	92	93	93.67
		d. hyperlink	96	94	95	95.00
		e. interface	82	82	84	82.67
		f. interactivities	88	84	85	85.67
		g. visualization	92	90	94	92.00
		h. color resolution	88	85	82	85.00
		i. operational system	80	80	80	80.00
2	User needs	a. needs representative	81	80	80	80.33
		b. level of usage	85	82	80	82.33
		c. help desk system	85	82	82	83.00
3	Reliability	a. stability	81	82	85	82.67
		b. consistency	90	87	90	89.00
		c. compatibility	86	90	88	88.00
4	Security system	b. login system	95	90	90	91.67
		c. program security	82	80	78	80.00
		d. multiple layers	84	81	82	82.33
		a. usability	84	85	88	85.67
5	Ease of use	b. friendly	81	82	80	81.00
		d. support system	80	85	85	83.33
		Total				85.48

Pengujian LMS web-based untuk dilakukan beberapa kali hingga mendapatkan kelayakan. Hasil akhir pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 yang menyatakan seluruh aspek pengujian dinyatakan layak dengan rerata skor lebih dari 80. Rerata skor setiap aspek diperlihatkan pada Gambar 1.

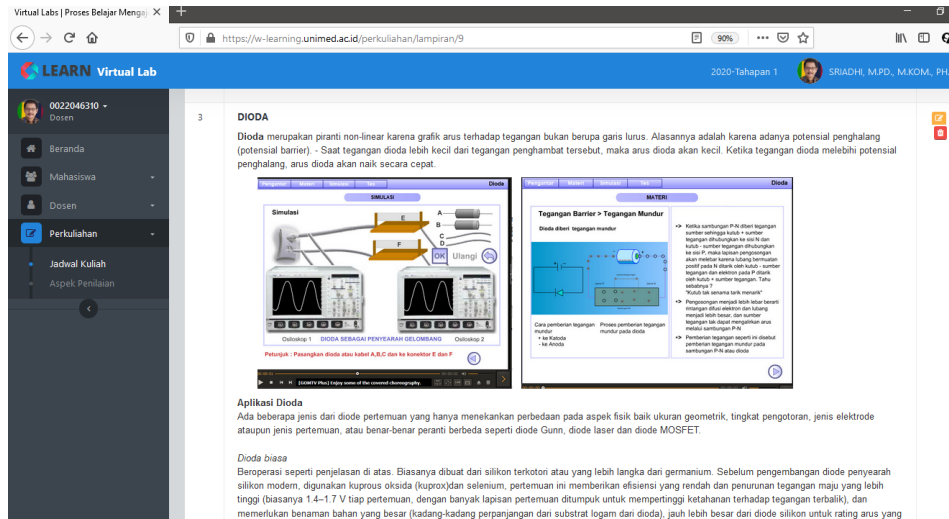
Hasil uji kelayakan menyatakan semua aspek LMS dinyatakan layak karena lebih dari 80. Design and construction mendapat skor paling tinggi yaitu 87.30 yang dapat dikatakan sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya aspek user needs meskipun dinyatakan layak tetapi perlu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Adanya perbedaan kemampuan awal mahasiswa dalam penguasaan ketiga materi pelajaran menyebabkan kebutuhan yang bervariasi sehingga perlu ditindaklanjuti dengan aktivitas lebih spesifik atas kebutuhan tersebut untuk diakomodir menjadi konten aplikasi Virtual-Labs.



Gambar 1. Feasibility dari web-V-Lab LMS

5.4 Mengembangkan bahan ajar digital untuk praktikum laboratorium virtual

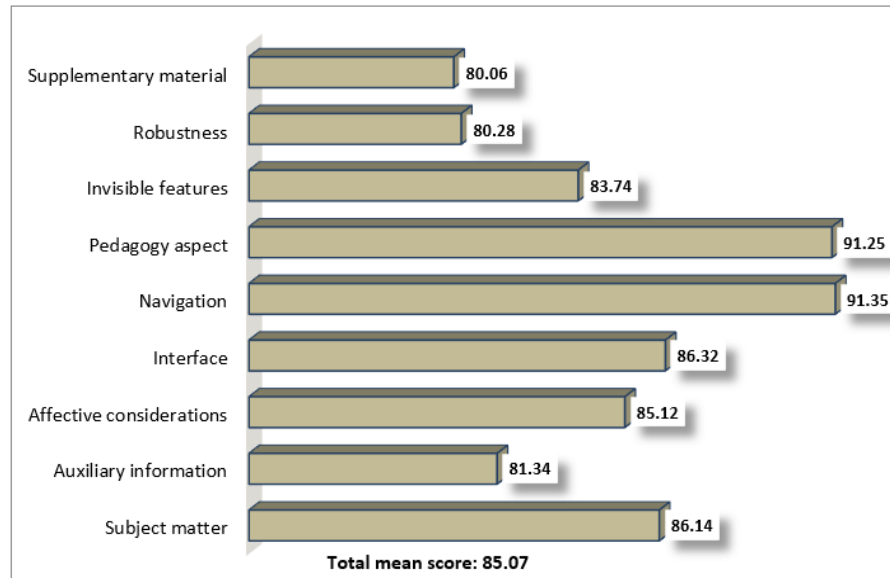
Setelah system LMS of web based learning dinyatakan layak, pengujian berikutnya adalah kelayakan aplikasi Modul Virtual-Labs sebagai konten LMS. Salah satu contoh captur display virtual laboratory diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Display virtual laboratory untuk pengujian diode

Pengujian dilakukan oleh validator yakni yang ahli dalam bidang Teknologi Pendidikan, Multimedia Learning dan Materi Bahan Ajar. Dengan menggunakan

kriteria dari Alessi and Trollips (2001), hasil uji kelayakan aplikasi Modul Virtual-Labs diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Feasibility of Virtual-Labs module

Hasil pengujian untuk modul virtual laboratory dilakukan beberapa kali sesuai kelayakan setiap aspek. Beberapa aspek sudah dinyatakan layak pada pengujian pertama seperti aspek Pedagogy dan Navigasi dengan kriteria layak sangat tinggi, tetapi aspek lainnya seperti Robustness dan Supplementary material dilakukan beberapa kali perbaikan hingga dinyatakan layak. Batas kelayakan modul Virtual-Labs ditetapkan minimal 80% untuk menjamin validitas konten meskipun dalam implementasinya nanti para dosen tetap melakukan pengembangan secara berkelanjutan sesuai kebutuhan.

5.5 Pengujian efektivitas Sistem

Efektivitas system diuji melalui implementasi perkuliahan menggunakan system Virtual-Lab (LMS Web-based & Aplikasi Modul Virtual-Labs) oleh dosen pengasuhan mahasiswa peserta praktikum laboratory virtual untuk modul Fisika Dasar dan Elektronika Dasar. Karena keterbatasan waktu p[raktikum Teknik dasar Listrik tidak

diujicobakan sebab mata kuliah tersebut tidak disediakan pada semester dsaat pengujian ini dilakukan. Indiaktor pengujian efektivitas system dipoeroleh dari responden sebagai user system, yaitu dosen dan instruktur seabagai pengelola perkuliahan praktikum virtual dan laboran, serta mahasiswa sebagai user praktikan. Ringkasan dari tabulasi skor yang berhasil dikumpulkan dianalisis secara deskriptif menggunakan skala 5 dengan hasil hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Efektivitas Sistem (LMS Web-based Module Virtual-Lab)

No	Aspects	ICTE	EEE	EE	Average
1	Content relevance	4.65	4.35	4.26	4.42
2	Scope of teaching materials	3.82	3.79	3.74	3.78
3	Concept clarity	4.25	4.28	4.12	4.22
4	Practical application	3.68	4.64	4.36	4.23
5	Simulation Media	3.86	4.52	3.88	4.09
6	Practical Mechanism	4.64	4.58	4.35	4.52
7	Data recording	4.32	4.25	4.61	4.39
8	Enrichment	3.64	3.42	3.28	3.45
9	Level of learning outcomes	4.62	4.68	4.35	4.55
10	Acceptability	4.53	4.55	4.42	4.50
11	Student motivation	4.28	4.56	4.52	4.45
12	Learning satisfaction	4.68	4.35	4.36	4.46
	Total	4.25	4.33	4.19	4.26

Hasil analisis data memperlihatkan dari 10 dari 12 aspek mendapatkan mean score lebih dari 4.0 yang dikatakan sangat tinggi. Level of LO mendapatkan skor rata-rata tertinggi yaitu 4.55 sepadan dengan 90.1 % mencapai hasil belajar sesuai target. Beberapa aspek pendukungnya adalah bahan praktikum yang dikembangkan dalam aplikasi juga sangat relevan dengan skor rata-rata 4.42 (88,4%) memenuhi kebutuhan mahasiswa, mekanisme praktikum 4.52 (90.4%), dan tersedianya media simulasi dan pencatatan data hasil praktikum yang lebih dari 80% memenuhi kebutuhan mahasiswa. Dukungan aspek-aspek tersebut dibutuhkan mahasiswa mahasiswa agar dapat

melaksanakan praktikum dengan benar (Gupta et al, 2012; Dhang, 2017; Shopi et al, 2018).

Media animasi dan simulasi juga sangat besar perannya dalam memberikan pemahaman bagi mahasiswa dalam melaksanakan praktikum laboratorium secara virtual. Oleh karena itu dalam penyusunan media animasi dan simulasi pada modul aplikasi Virtual-Labs tetap memperhatikan prinsip-prinsip rekabentuk multimedia (Mayer, 2014) dan mengurangi cognitive load yang dapat menghambat system pemrosesan informasi untuk diterima, dimengerti dan disimpan dalam system otak mahasiswa sebagai pengguna (Clark et al, 2011). Peran artificial intellegency dalam bentuk augmented reality dan virtual reality juga sangat besar dalam membangun media simulasi virtual. Hal ini telah dibuktikan dalam banyak penelitian diantaranya adalah Pavel Zlatarov (2021), Tina P. Nantsou (2021) dan Panita Wannapiroon (2021). Dengan simulasi ini mahasiswa dapat melaksanakan praktikum virtual seolah-olah praktikum secara nyata di laboratorium yang sebenarnya (Beata et al., 2019; Sriadhi, 2021). Dengan keunggulan tersebut Vortual Laboratitium telah digunakan sebagai solusi efektif dan efisien dan merupakan jawaban atas masalah tidak dimungkinnya praktikum laboratorium secara nyata (Panita Wannapiroon, 2021; Pavel Zlatarov, 2021).

Pada aspek acceptability diperoleh rata-rata skor 4.5 yang bermakna aplikasi modul Virtual-Lab ini dapat diterima 90% memenuhi harapan pengguna (mahasiswa) meskipun memiliki karakteristik dan kebutuhan yang bervariasi. Penerimaan ini meningkatkan motivasi mahasiswa dalam belajar yang tergolong tinggi (89%) dan pada akhirnya menimbulkan kepuasan mahasiswa dalam menggunakan modul aplikasi Virtual-Lab 89.2%. Dalam proses pembelajaran aspek-aspek psikologis ini sangat diperlukan sebab mempengaruhi aktivitas belajar yang akan menentukan prestasi hasil belajar praktikum laboratorium mahasiswa sebagaimana telah dibuktikan pada penelitian-penelitian sebelumnya (Manisha and Anil Kumar, 2015; Beata et al., 2019).

Namun demikian aspek Scoup of content material dan Enrichment perlu ditingkatkan meskipun sudah tergolong tinggi. Hasil analisis data secara keseluruhan aspek efektivitas penggunaan modul Aplikasi Virtual-Labs tergolong sangat tinggi dengan total mean score 4.26 atau sepadan dengan 83.2%. Dengan demikian modul Aplikasi Virtual-Labs terbukti sudah layak digunakan sebagai model praktikum laboratorium virtual baik kelayakan Web-based e-learning sebagai LMS e-learning yang dapat diakses online maupun module Aplikasi Virtual-Labs sebagai konten LMS untuk mendukung praktikum laboratorium secara virtual dengan tingkat efektivitas tinggi dan mampu mencapai hasil belajar mahasiswa 90.1% dari target yang ditetapkan mata kuliah normal.

Jika dianalisis berdasarkan kelompok responden, mean score efektivitas dari tiga program studi memiliki perbedaan meskipun masih dalam kategori tinggi. Untuk itu dilakukan analisis statistic komparasi menggunakan Teknik Anova. Hasil Test of Homogeneity of Variances yang merupakan persyaratan analisis diperoleh P-value 0.765 yang bermakna ketiga kelompok dinyatakan homogen pada $\alpha = 5\%$. Selanjutnya dilakukan uji komparasi menggunakan Oneway-Anova dengan hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. ANOVA

Effectivity Aspects					
	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Grp	.124	2	.062	.420	.660
Within Grp	4.884	33	.148		
Total	5.008	35			

Hasil uji Anova memperlihatkan P-value 0.660 yang harus menerima Ho. Hasil ini membuktikan tidak terdapat perbedaan signifikan tentang efektivitas penggunaan modul Aplikasi Virtual-Labs pada tiga kelompok sampel. Efektivitas penggunaan aplikasi Virtual-Labs di program studi Informatics Technology and Computer Education mencapai rerata skor 4.25 yang bermakna permasalahan

rendahnya kompetensi mahasiswa akibat keterbatasan praktikum laboratorium dapat diselesaikan 85% melalui praktikum laboratorium secara virtual menggunakan aplikasi Vortual-Labs. Demikian juga dengan program studi Electrical Engineering Education dan Electrical Engineering dengan efektivitas 86.6% dan 83.8%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian relevan lainnya seperti Zynep (2010), yang juga menjadi solusi dalam praktikum kimia dasar dan Murniza Muhamada (2012) dalam bidang biology melalui aplikasi VLab-Bio, Tannu Gupta (2012) dalam bidang Virtual Lab Module for Concepts of Electric and Magnetic Field.

Keunggulan virtual laboratory juga telah dibuktikan dalam bidang fisika sebagaimana dilaporkan oleh Elife (2015) yang terbukti sesuai dan efektif untuk pembelajaran aktif dan pembelajaran berbasis projek. Aktivitas praktikum secara virtual yang dapat dilakukan tidak terikat waktu dan tempat, peralatan lab, dan instruktur menjadikan aplikasi virtual laboratory menjadi solusi atas permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran praktikum. Penelitian lainnya dilakukan oleh Pavel Trnka (2016) yang membuktikan praktikum laboratorium secara virtual menjadi solusi untuk perkuliahan jarak berbasis web dengan tetap menerapkan pengontrolan yang ketat. Bahkan permasalahan kehadiran perkuliahan dalam bentuk praktikum laboratorium yang tidak memungkinkan secara luring (langsung) maka penggunaan modul aplikasi virtual laboratory menjadi solusi efektif untuk pembelajaran praktikum fisika di masa pandemic Covid-19 (Gustavo Chiodi,2020). Oleh sebab itu, hasil penelitian ini menjadi satu solusi tepat bagi kuliah praktikum laboratorium dasar khususnya di bidang sains dan teknologi yang tidak dapat dilaksanakan akibat keterbatasan fasilitas atau hambatan lain seperti Pandemic Covid-19.

5.6 Luaran Penelitian

Luaran penelitian untuk tahun terakhir ini ada satu luaran wajib dan tiga luaran

tambahan. Sebagai luaran wajib adalah dalam bentuk Dokumen Hasil Ujicoba Produk. Sedangkan tiga luaran tambahan adalah (1) publikasi artikel di jurnal internasional, (2) hak cipta untuk produk berupa web-based Virtual laboratory, dan (3) keikutsertaan dalam seminar internasional.

Status luaran penelitian di tahun 2021 yang merupakan tahun terakhir merupakan akumulasi dari luaran-luaran yang telah dicapai pada tahun-tahun sebelumnya. Ringkasan jenis, identitas dan status luaran penelitian tahun 2021 diperlihatkan dalam Tabel berikut.

Tabel . Luaran Penelitian Tahun ke tiga (tahun terakhir)

Luaran Wajib			
Tahun	Jenis Luaran	Status Target Capaian	Realisasi
3	Dokumen Hasil Ujicoba Produk	Ada	Ada
Luaran Tambahan			
3	Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional	Accepted	Submitted
3	Hak cipta	Granted	Granted
3	Keikutsertaan dalam Seminar Internasional	Sudah dilaksanakan	Sudah dilaksanakan (keynote-speaker)

Untuk luaran wajib, selain Dokumen Hasil Ujicoba Produk juga ada Dokumen Bahan Ajar Digital Modul Virtual laboratory. Dokumen pendamping lainnya adalah Spesifikasi Produk, Panduan Penggunaan Web-based V-Labs baik dalam bentuk dokumen pdf maupun video yang dapat diakses di Youtube.com

5.7 Peran Mitra

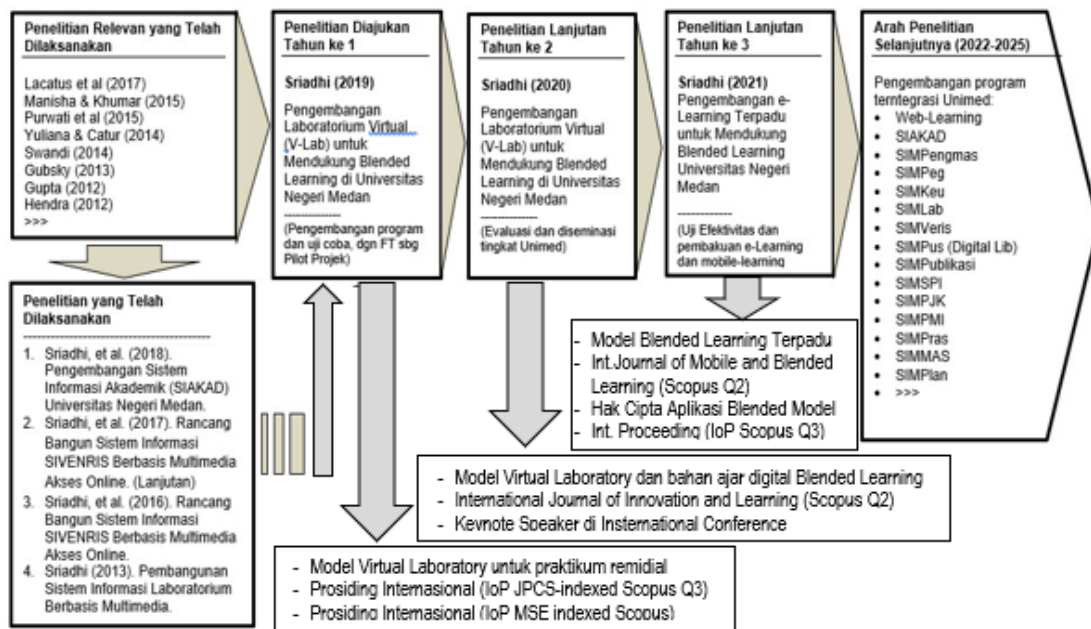
Penelitian ini dilaksanakan atas dukungan dana dari Pemerintah Indonesia melalui DRPM dan Universitas anegeri Medan sebagai mitra. Proses penelitian, uji coba dan uji feasibilitas telah dilakukan dan Mitra sangat besar perannya dalam mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian mulai dari perencanaan, pengembangan, ujicoba, FGD, seminar dan dukungan lain dalam bentuk pemanfaatan fasilitas universitas untuk kepentingan penelitian ini.

5.8 Kendala Penelitian

Pada prinsipnya tidak ada kendala berarti dalam pelaksanaan penelitian dan pencapaian luaran, hanya saja masalah Pandemi Covid-19 sedikit menghambat pelaksanaan penelitian pada beberapa aktivitas khususnya yang mengharuskan aktivitas langsung (luring). Kendala ini sedikit menghambat perolehan data penelitian sehingga terlambat pula dalam publikasinya. Pada luaran tambahan ada ditargetkan accepted publikasi ke jurnal internasional, tetapi saat ini posisi masih submitted.

BAB VI RENCANA SELANJUTNYA

Dengan telah selesainya penelitian ini dan tercapainya semua luaran, aplikasi web-virtual learning akan digunakan sebagai LMS yang akan dikhususkan pada perkuliahan praktikum laboratorium secara virtual (laboratorium dasar) mendam;ping LMS e-learning (perkuliahan umum/teori) yang sudah ada. Diharapkan kehadiran web-based Virtual Laboratory ini akan menjadi solusi atas permasalahan untuk penyelenggaraan praktikum laboratorium secara virtual.



Gambar 5.15 Peta jalan penelitian selanjutnya

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem informasi V-Lab menjadi media yang membantu penyelenggaraan praktikum remedial dengan cara pembelajaran praktimu virtual secara online dalam jaringan sistem informasi web learning.. Program aplikasi ini menggunakan hosting resmi universitas dengan sub domain <https://w-learn.unimed.ac.id>. Pengguna aplikasi terbagi dalam tiga kelompok, yaitu admin, dosen dan mahasiswa sebagai peserta kuliah v-lab. Mekanisme penggunaan aplikasi diatur oleh admin sesuai dengan hak akses masing-masing. Sistem informasi V-Lab ini telah diuji kelayakannya dan telah mendapat pengakuan kelayakan dari para validator konten dan teknologi Pendidikan serta konstruksi media.

7.1 Kesimpulan

- 1) Bahan ajar untuk mahasiswa disiapkan oleh dosen dalam bentuk digital dan diupload dalam system w-learn.unimed.ac.id sesuai dengan mata kuliah/topik perkuliahan secara daring. Dengan demikian mahasiswa mendapatkan bahan ajar yang cukup sebab tidak hanya berupa bahan yang disediakan oleh dosen, tetapi juga sumber-sumber belajar yang diberikan dosen untuk selanjutnya mahasiswa dapat mendapatkannya sendiri.
- 2) Media pembelajaran untuk mendukung pembelajaran efektif telah disiapkan melalui web learning yang untuk tahun pertama ii difokuskan kepada Virtual lab dan dapat digunakan oleh dosen dan mahasiswa untuk menyelenggarakan perkuliahan secara online maupun blended. URL web untuk media pembelajaran dapat diakses di <https://w-learning.unimed.ac.id/>. Dosen juga menyediakan media pembelajaran berupa video dan animasi yang ditempatkan dalam aplikasi w-learning baik langsung maupun embedded dari berbagai sumber seperti Youtube.com dan sumber lainnya.
- 3) Prose pembelajaran dapat berlangsung dengan baik dan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi sebab proses perkuliahan dilakukan secara daring dan

mahasiswa dapat belajar mandiri tidak dibatasi tempat, waktu dan hambatan fasilitas terutama untuk topik bahasan yang disediakan program aplikasi animasi virtual.

7.2 Saran-saran

Penelitian telah dilakukan untuk tahun pertama dari tiga tahun yang direncanakan. Capaian penelitian telah memenuhi luaran yang dijanjikan. Namun demikian ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian sebagai saran, antara lain :

- 1) Perlu kesiapan dosen untuk menyusun bahan ajar secara digital, baik bahan dalam bentuk teks maupun video dan animasi. Untuk itu diperlukan pelatihan lebih mendalam untuk meningkatkan kompetensi dalam pengembangan bahan ajar digital.
- 2) Perlu keterpaduan pelaksanaan perkuliahan khususnya praktikum dan mata kuliah yang dilaksanakan secara daring atau blended dalam kelompok dosen KDBK sehingga memiliki standar yang sama anatara satu dosen dengan lainnya terhadap kelas belajar mahasiswa yang diampunya.
- 3) Dukungan universitas cukup baik dan peneliti mendapat akses penuh untuk menggunakan semua fasilitas dalam kaitannya dengan penelitian. Namun diharapkan agar bandwidth internet ditingkatkan khususnya dalam kaitannya dengan akses daring melalui system aplikasi yang dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Picciano, A.G., Dziuban, C.D., and Graham, C.R. (2014). *Blended Learning, Research Perspectives*. New York, Taylor & Francis.
2. Rektor Unimed. (2015). *Buku Panduan Universitas Negeri Medan*. Humas Unimed, 2015.
3. FT Unimed (2017). *Kurikulum Program Studi di Fakultas Teknik Unimed*
4. Hofmann, J. (2011). *Blended Learning*. New York, ASTD Press
5. J. Curtis, Bonk and Graham, C.R. (2012). *The Handbook of Blended Learning*. New York, John Wiley & Sons
6. Pablo, M.L, Ángel M.A., José Ignacio.,A.G. (2014). Social Network Analysis of a Blended Learning experience in higher education. *Research on Education and Media*, VI, 2, pp.69-76.
7. Garrison,D.R., Vaughan, N.D (2011). *Blended Learning in Higher Education*. New York, John Wiley & Sons.
8. Ostashewski, N., Jennifer H., Martha C.I, (2016). *Optimizing K-12 Education Through Online and Bkended Learning*. IGI Global.
9. Lacatus, E, G.C. Alecu, A. Tudor., M. Sopronyi. (2017). *Simulation Methods on Virtual Laboratories for Characterization of Functionalized Nanostructures*. *Proceedings of the 2017 COMSOL Conference in Rotterdam, October 2017*, DOI: 10.13140/RG.2.2. 32136.93441/2
10. Gupta, T., A. S. M. Prachi., M. J. Akhtar., and K. V. Srivastava. (2012). Development of the virtual lab module for understanding the concepts of electric and magnetic eld patterns in rectangular waveguides and cavities, *International Journal of Online Engineering*, 8, 3, pp.1221
11. Purwati, D., Yani A, Haris A. (2015). Penerapan Media Laboratorium Virtual Dalam Pembelajaran Fisika Di SMA Negeri 2 Sengkang. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3,1, pp. 56-62.
12. Yuliana, R.K., Catur, I., dan Erma, S. (2014). Pengembangan Model Laboratorium Virtual sebagai Solusi Keterbatasan Sumberdaya Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*.Yogyakarta, 15 Nop. 2014, pp.A.301-306.
13. Gubsky, D.S., I. V. Mamay, and V. V. Zemlyakov. (2013). *Virtual Laboratory for Microwave Devices*. *Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, Stockholm, Sweden, pp.527531.
14. Swandi, A. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu, Jenepono. *Jurnal Fisika Indonesia*, 18, 2, pp. 20-24.

15. Hendra, J. (2012). Pengembangan Laboratorium Virtual untuk Kegiatan Praktikum dan Memfasilitasi Pendidikan Karakter di SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2,1, pp. 81-90.
16. Manisha,B., and Anil Kumar. (2015). Effect of Virtual Laboratory on Students Conceptual Achievement in Physics. *International Journal of Current Research*, 7, 02, pp.12808-12813.
17. Sholiq. (2010). Analisis Dan Perancangan Berorientasi Obyek. Bandung, Muara Indah,
18. Whitten, J.L (2005). Metode Desain dan Analisis Sistem (edisi 6). Yogyakarta, Penerbit Andi.
19. Laudon dan Laudon (2005). Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital. Yogyakarta, Penerbit Andi.

LAMPIRAN