

PENGEMBANGAN WEB LEARNING UNTUK Mendukung PRAKTIKUM VIRTUAL LABORATORY

S.Sriadhi¹, H.Sitompul², R.Restu³

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

³ Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan

e-mail: sriadhi@unimed.ac.id;

Page | 285

Abstract.- Kompetensi bidang keteknikan sangat ditentukan oleh proses praktikum yang dilaksanakan. Keterbatasan praktek laboratorium menjadi salah satu penyebabnya. Penelitian ini bertujuan membangun web learning sebagai media praktikum virtual laboratory (Web V-Labs) untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium. Web V-Labs dibangun menggunakan model SDLC, dengan software Framework Codeigniter dan PHP 7.2. Database dibangun dengan MySQL dan PostgreSQL. Analisis dan uji performan Web V-Labs mengikuti prosedur SDLC, Stub Testing dan Unit Testing, Black Box Testing dan White Box serta Integration Testing. Hasil uji kelayakan menyatakan web V-Labs memiliki efektivitas tinggi dalam aspek Design, User needs, Reliability, Security system, Ease of used. Aspek Quality of Learning lebih tinggi 20.45%, dan Learning Outcomes 28.63% dibanding praktikum konvensional. Karena itu Web V-Labs disarankan untuk digunakan untuk praktikum virtual laboratory sebagai upaya meningkatkan efektivitas praktikum keteknikan.

Keywords— Web learning, virtual laboratory, efektivitas praktikum

Abstract— Competency in the engineering field is determined by the practicum process carried out. Limitations of laboratory practice is one cause. This research aims to build web learning as a virtual laboratory practicum (Web V-Labs) to overcome the limitations of laboratory facilities. Web V-Labs was built using the SDLC model, with Codeigniter Framework and PHP 7.2 software. The database was built with MySQL and PostgreSQL. Analysis and performance testing of Web V-Labs followed the SDLC, Stub Testing and Unit Testing, Black Box Testing and White Box and Integration Testing procedures. The results of the feasibility test stated that V-Labs web has high effectiveness in aspects of Design, User needs, Reliability, Security system and Ease of use. The Quality of Learning aspect is higher 20.45%, and Learning Outcomes 28.63% compared to conventional practicum. Therefore, Web V-Labs is recommended to be used for virtual laboratory practicum as an effort to improve the effectiveness of engineering practicum.

Keywords— Web learning, virtual laboratory, practical effectiveness.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi di era RI 4.0 sarat dengan pemanfaatan ICT untuk berbagai pekerjaan menggantikan pekerjaan oleh manusia. Demikian juga dengan dunia pendidikan yang tidak dapat lepas dari ICT dalam implementasinya. Pembelajaran sistem daring menjadi kebutuhan hampir di semua perguruan tinggi sebagai upaya meningkatkan kualitas pendidikan. Kondisi ini tidak hanya menuntut adaptabilitas kemampuan dari pihak penyelenggara maupun pengguna tetapi juga menuntut perubahan sistem, fasilitas maupun konten pendidikan dalam bentuk digital. Tuntutan tersebut membebani perguruan tinggi pada umumnya, satu sisi harus meningkatkan kualitas lulusan sesuai tuntutan stakeholder seiring perkembangan iptek tetapi di sisi lain masih banyak masalah internal yang menghambat pencapaian standar kompetensi, khususnya berkaitan dengan fasilitas ICT[1].

Kualitas lulusan tercermin dari kompetensi yang

dicapainya sebagai hasil belajar. Kualitas tersebut ditentukan oleh banyak faktor seperti bahan ajar, media pembelajaran, dan sistem yang digunakan[2]. Untuk bidang sains dan teknologi fasilitas praktikum menjadi penentu utama kompetensi lulusan. Studi awal memperlihatkan banyak keterbatasan terkait kurangnya fasilitas praktikum untuk mendukung proses pendidikan. Kelemahan ini antara lain disebabkan oleh kurangnya waktu praktikum, keterbatasan bahan dan peralatan praktikum[3,4]. Demikian juga dengan Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan yang menghadapi masalah rendahnya kompetensi dasar keteknikan bidang elektronika pada mahasiswa. Upaya pembelajaran remedial telah dilakukan tetapi belum mampu menyelesaikan masalah yang dihadapi, karena terhambat oleh keterbatasan waktu praktikum dan dosen (instruktur) serta terbatasnya bahan dan peralatan praktikum juga keterbatasan biaya [5]. Masalah keterbatasan fasilitas praktikum yang menyebabkan rendahnya kompetensi mahasiswa harus segera diatasi. Upaya-upaya

inovatif perlu dilakukan agar masalah yang ada dapat diselesaikan yang sekaligus untuk meningkatkan kompetensi hasil belajar praktikum keteknikan mahasiswa.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan website virtual laboratory (Web V-Labs) sebagai sarana untuk pembelajaran remedial melalui simulasi praktikum virtual. Virtual laboratory (V-Labs) merupakan model laboratorium yang terdiri dari perangkat lunak komputer berbasis multimedia interaktif yang dapat mensimulasikan praktek laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya [6]. V-Labs juga dapat mensimulasikan aktivitas praktikum nyata dengan menggunakan program simulasi komputer di laboratorium[7]. Tidak hanya alasan mahalnya biaya peralatan, untuk eksperimen-eksperimen beresiko tinggi dan berbahaya lebih tepat disimulasikan dalam bentuk virtual [8]. Dengan demikian V-Labs merupakan sarana pembelajaran berbasis web yang memungkinkan peserta didik melakukan aktivitas pembelajaran secara mandiri melalui simulasi laboratorium virtual.

Pembelajaran sistem daring makin dibutuhkan bukan hanya karena alasan kepraktisan, tetapi lebih kepada efektivitas dan efisiensi pembelajaran, khususnya pada konten pembelajaran tertentu yang tidak memungkinkan dilakukan dalam proses pembelajaran secara oral. V-Labs sebagai salah satu bagian dalam sistem pembelajaran daring memiliki banyak keunggulan, diantaranya adalah pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, waktu lebih efisien, hasil belajar lebih efektif, proses pembelajaran dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja, menghemat biaya, menyederhanakan proses yang rumit, dan mengurangi resiko bahaya [9]. Web learning untuk mendukung Virtual laboratory sangat efektif digunakan dalam Mechanical Engineering Education[10]. Keunggulan tersebut menjadikan pembelajaran sistem daring makin berkembang pesat seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan.

Pada dasarnya pembelajaran secara virtual menggunakan V-Labs tidak berbeda jauh dengan praktikum nyata, bahkan dalam kondisi tertentu pembelajaran dengan virtual laboratory lebih efektif [9]. Selain itu pembelajaran dengan virtual laboratory juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, melatih pemecahan masalah, meningkatkan motivasi belajar dan meningkatkan belajar bermakna [11]. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa praktikum yang dilakukan secara virtual terbukti lebih efektif untuk praktikum kelistrikan dan elektronika[12], mekatronik[13] dan pemrograman komputer[14] dibandingkan melalui praktikum nyata. Dengan dasar tersebut pengembangan Web V-Labs dinilai tepat sebagai solusi untuk meningkatkan kompetensi keteknikan melalui kemandirian belajar sistem daring.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, dengan mengambil sampel objek implementasi pada praktikum laboratorium keteknikan dasar. Penelitian menggunakan disain pengembangan (*Research & Development*). Rancang bangun program aplikasi menggunakan metode *System Development Life Cycle* (SDLC) yang dilakukan dalam empat tahap yaitu (1) *Investigation system*, (2) *Analisis system*, (3) *Design system*, dan (4) *Implementation system* [15]. Model SDLC banyak digunakan dalam pengembangan sistem informasi tidak terkecuali sistem yang berbasis web. Model ini memiliki banyak keunggulan yakni memiliki siklus lengkap sehingga sangat membantu bagi para pengembang untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna yang harus diakomodir dalam software aplikasi yang dibangun.

Investigation system sebagai langkah pertama terdiri dari dua aktivitas yaitu studi awal dan studi kelayakan untuk pendefinisian masalah, merancang alternatif solusi, pengembangan sistem, kelayakan operasional, teknis, ekonomis, dan kelayakan waktu. Pada *Analisis system* diawali dengan analisis sistem berjalan dan menentukan kebutuhan sistem baru prosedur konversi spesifikasi logis ke dalam rancangan model. *Design system* merumuskan fitur, struktur, menyusun perangkat lunak, kriteria display, konfigurasi, dan persetujuan sistem. *Implementation system* meliputi sistem terintegrasi, uji coba sistem, dan peralihan dari sistem lama ke sistem baru.

Pengembangan Web V-Labs menggunakan software Framework Codeigniter dan PHP 7.2 dengan pertimbangan keunggulan dalam security system, praktis dan memiliki akses yang lebih cepat. Database dibangun menggunakan MySQL dan PosygreSQL. MySQL dengan implementasi basis data relasional (RDBMS) dari General Public License (GPL) juga memberi kesempatan secara luas kepada pengguna sesuai kebutuhan pengguna.

Analisis dan uji performan Web V-Labs mengikuti prosedur *life cycle* yang memverifikasi program untuk memenuhi kebutuhan sistem[16]. Pengujian sistem dilakukan dengan Stub Testing dan Unit Testing. Selanjutnya dilakukan Black Box Testing dan White Box Testing serta diakhiri dengan Integration Testing untuk menguji interaksi antar modul untuk memastikan aliran informasi antar proses sudah berjalan benar [15]. Uji kelayakan Web V-Labs menggunakan instrumen yang mengacu kepada standar baku indikator kelayakan [7]. Dengan dua pengujian tersebut akan diperoleh tingkat kelakuan web learning V-Labs dan juga efektivitasnya dalam mendukung praktikum virtual laboratory yang dilakukan secara daring.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan web learning untuk virtual laboratory (Web V-Labs) menggunakan model SDLC. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Tahap *Investigation system* yang merupakan tahap awal terdiri dari dua aktivitas utama yaitu studi awal dan studi kelayakan. Studi awal antara lain meliputi (1) mengidentifikasi masalah, (2) menjelaskan prosedur sistem berjalan, (3) menyusun alternatif solusi untuk pemecahan masalah yang dihadapi, (4) melakukan klasifikasi pengembangan sistem, dan (5) melakukan evaluasi terhadap sistem berjalan. Sedangkan studi kelayakan berkenaan dengan menganalisis masalah sesuai tujuan akhir, antara lain meliputi (1) kelayakan operasional sistem, (2) kelayakan dari aspek teknis, (3) kelayakan aspek ekonomis, dan (4) kelayakan waktu.

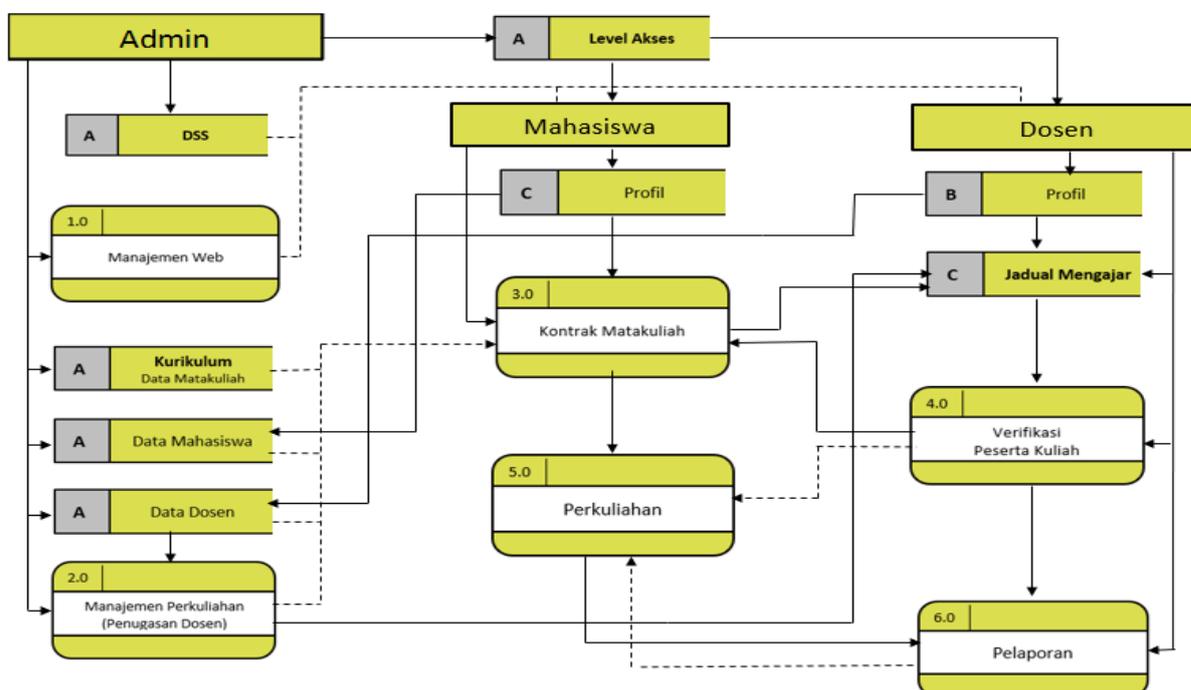
Tahap kedua yaitu *Analisis system* merupakan tahap mempelajari sistem berjalan yang antara lain meliputi pengumpulan data awal, melakukan klasifikasi data, menginterpretasikan data serta melakukan evaluasi data awal. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan kebutuhan sistem yang baru seperti kebutuhan yang mendesak dan potensial, pertimbangan pentingnya memperbaiki sistem yang ada, serta memaksimalkan sumber daya, merancang sistem baru dengan menentukan prosedur konversi spesifikasi logis ke dalam rancangan model yang dikembangkan agar lebih efektif dan efisien, mudah (*friendly*) serta logis.

Pada tahap ketiga yaitu *Design system* merupakan tahap untuk menyusun prosedur konversi spesifikasi logis ke dalam disain untuk keperluan implementasi pada sistem komputer. Hal ini bertujuan untuk (1) melakukan evaluasi dan merumuskan pelayanan sistem secara lebih rinci, (2) mempelajari dan

mengumpulkan data menjadi struktur data yang lebih teratur, (3) menyusun perangkat lunak yang akan digunakan, (4) merumuskan kriteria untuk tampilan atau display informasi, (5) menyusun panduan operasional, dan langkah-langkah yang ditempuh seperti rancangan sistem terinci, konfigurasi sistem, evaluasi alternatif untuk konfigurasi sistem, memilih dan menetapkan konfigurasi yang paling tepat, serta menyiapkan usulan penerapan sistem dan persetujuan atau penolakan sistem yang baru.

Tahap keempat yaitu *Implementation system* merupakan tahapan yang mengatur prosedur untuk menyelesaikan disain sistem, melakukan pengujian dan menginstalasi program yang baru. Pada tahap ini setidaknya ada tiga langkah yang perlu dilakukan, yaitu (1) melakukan pengkajian terhadap rangkaian sistem, kajian terhadap perangkat lunak dan perangkat keras dalam satu integrasi arsitektur yang akan dibangun, (2) melakukan uji coba sistem, (3) melakukan peralihan secara akurat dari sistem lama ke sistem baru sebagai keputusan terakhir pembangunan sistem informasi.

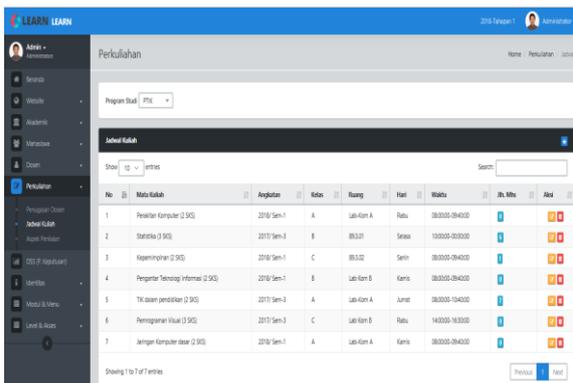
Program aplikasi Web-learning untuk virtual laboratory (Web V-Labs) dibangun menggunakan model SDLC [15], yang pada setiap tahapan pengembangan berisi aktivitas secara sistematis untuk mencapai indikator sebagaimana acuan bisnis proyek. Program aplikasi ini dirancang dalam suatu diagram flow yang menggambarkan kaitan masing-masing unit dengan fungsi yang terintegrasi dalam satu sistem. Web V-Labs dibangun untuk tiga kelompok akses yaitu (a) administrator; (b) dosen, dan (c) mahasiswa. Setiap kelompok disediakan menu dengan fitur sesuai kebutuhan. Gambar 1 berikut memperlihatkan diagram data flow sistem aplikasi Web V-Labs.



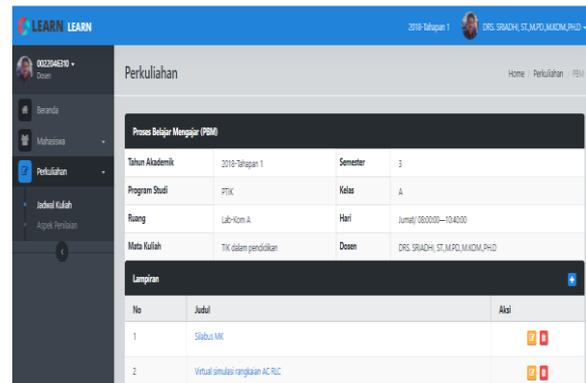
Gbr 1. Data flow sistem aplikasi web V-Labs

Untuk login sebagai administrator memiliki beberapa fasilitas: (a) Akademik, yaitu menu untuk mengelola data mata kuliah, ruang kuliah, program studi, fakultas dan tahun akademik; (b) Mahasiswa, yaitu untuk mengelola mahasiswa peserta kuliah aktif; (c) Dosen, yaitu untuk mengelola dosen pengasuh mata kuliah serta penjadwalan mata kuliah; (d) Perkuliahan, yaitu untuk mengelola administrasi penugasan dosen, penjadwalan matakuliah dan manajemen penilaian mahasiswa. Akses dosen memiliki beberapa fasilitas yaitu (a) Persetujuan mahasiswa peserta kuliah dan data akademik mahasiswa; (b) Manajemen perkuliahan, untuk mengelola pembelajaran mulai dari upload kontrak

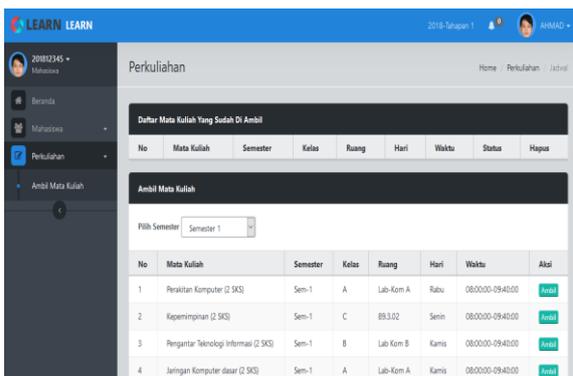
perkuliahan, manajemen bahan ajar termasuk hyperlink ke youtube, googledrive, dropbox dan pemberian tugas-tugas untuk mahasiswa; (c) Penilaian, yaitu untuk mengatur instrumen tes, jadwal ujian, penilaian dan pelaporan. Login sebagai mahasiswa diberikan akses dengan menu (a) Registrasi perkuliahan; (b) Download bahan ajar baik bahan ajar dalam bentuk dokumen, slide presentasi, video pembelajaran, animasi maupun simulasi praktikum dalam bentuk virtual; (c) Ujian, meliputi tugas rutin, proyek, ujian tengah semester dan ujian akhir semester. Display berikut memperlihatkan sebagian dari fitur yang ada pada program aplikasi web V-Labs.



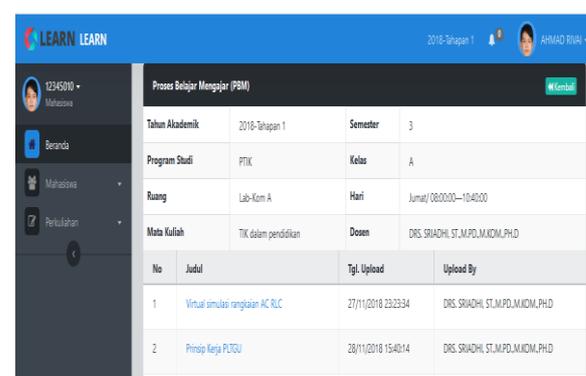
Gbr 2. Penjadwalan kuliah oleh admin



Gbr 3. Penugasan mengajar untuk dosen



Gbr 4. Persetujuan kontrak MK untuk mahasiswa



Gbr 5. Fasilitas pembelajaran daring untuk mahasiswa

Uji kelayakan program dilakukan pada setiap unit untuk mengetahui apakah kinerja yang dihasilkan sudah sesuai dengan rancangan. Proses pengujian akan melakukan eksekusi perangkat lunak untuk

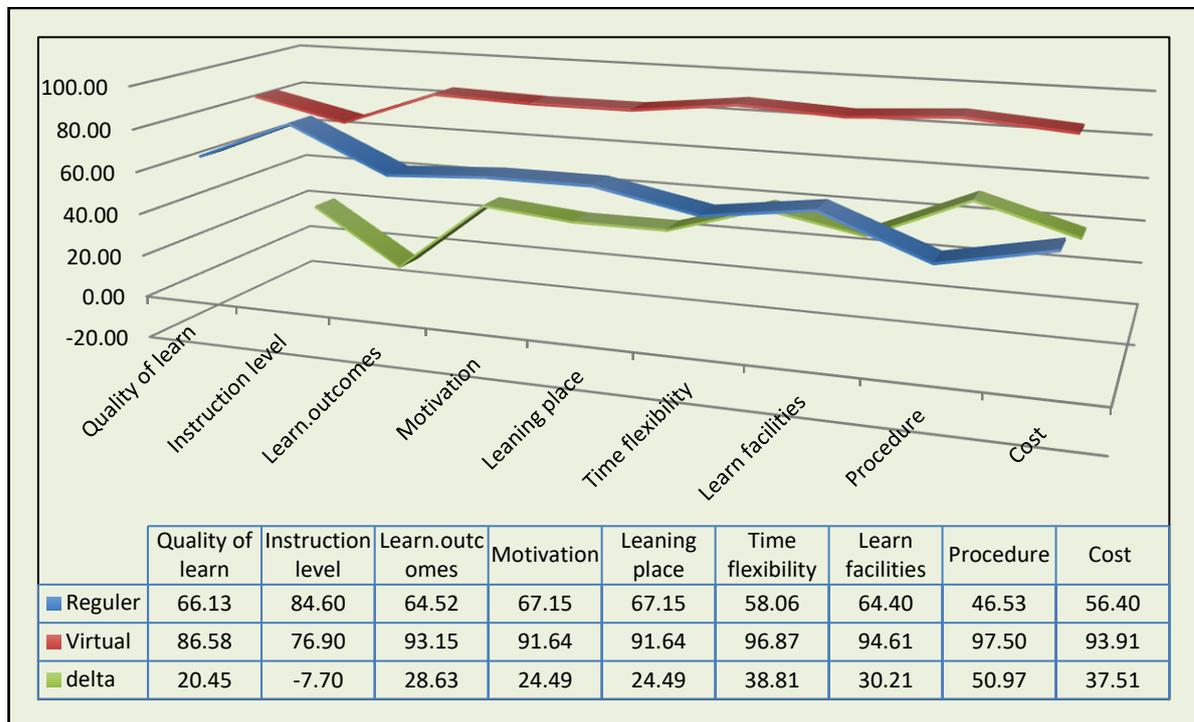
menentukan apakah sistem sudah sesuai dengan spesifikasi dan berjalan sesuai dengan lingkungan yang diinginkan. Ringkasan hasil uji kinerja program diperlihatkan pada tabel berikut.

TABEL 1
RINGKASAN UJI KELAYAKAN WEB OF V-LABS

No	Unit Pengujian	Mean Score of Feasibility		
		Admin	Dosen	Mahasiswa
1	Design	84.52	81.29	93.22
2	User needs	78.83	72.73	92.69
3	Reliability	79.65	79.89	92.48
4	Security system	81.19	75.62	91.31
5	Ease of used	79.26	81.36	70.02
	Mean Score	80.69	78.178	87.94

Hasil pengujian memperlihatkan kelayakan program web V-Labs relatif tidak jauh berbeda pada setiap kelompok akses, kecuali pada aspek *Ease of used* dimana rata-rata skor kelayakan lebih rendah dibanding pada kelompok administrator dan dosen. Hasil analisis lanjutan menyatakan bahwa perbedaan

kompetensi dalam penggunaan aplikasi menjadi penyebab adanya perbedaan yaitu rendahnya skor rata-rata pada kelompok ini. Dengan demikian secara keseluruhan unit program dapat berjalan sesuai dengan bisnis proyek yang direncanakan. Selanjutnya efektivitas V-Labs diperlihatkan pada Tabel II.



Gbr 6. Komparasi skor efektivitas praktek laboratorium teknik

Untuk efektivitas program dari data yang diperoleh memperlihatkan dari sembilan aspek yang dinilai delapan aspek diantaranya memperlihatkan praktikum berbasis V-Labs memiliki efektivitas yang tinggi dibanding dengan simulasi reguler dengan praktikum konvensional, kecuali pada aspek *instructional level*. Pola praktikum yang terbiasa dengan cara-cara konvensional memberi kesempatan luas untuk mendapatkan arahan dan bimbingan matri praktikum sesuai jenjang materi bahasan, sedangkan pada V-Labs practicum lebih mengandalkan belajar mandiri yang menuntut kemampuan mahasiswa lebih cermat dan kreatif dalam mengatur strategi pembelajaran praktikum laboratorium menggunakan sistem daring web V-Labs.

Dari aspek *Quality of Learning* terdapat perbedaan skor 20.45% dan Learning Outcomes 28.63%. Ini memperlihatkan V-Labs memiliki efektivitas jauh lebih tinggi dari praktikum konvensional. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Perdukova and Fedor yang membuktikan virtual laboratory lebih efektif dibanding praktikum reguler dalam bidang Mechatronic [13], Fisika [17], Electrical [4], bidang Komputer [14], dan Electronics[19]. Dari aspek penggunaan waktu, V-Labs dapat menghemat 38.81% dan pemanfaatan fasilitas 40.21% serta menghemat biaya 37.51%.

Hasil penelitian ini memberi bukti bahwa penggunaan web virtual laboratory lebih efektif dibanding praktikum konvensional. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya khususnya penelitian Shopi and Eka [11], penelitian Galya, Veselina dan Svetoslav[14] dan Juškaite [19] serta Beata et al [20]. Atas dasar itu maka dapat dinyatakan bahwa web learning untuk mendukung praktikum virtual laboratory yang dikembangkan setelah dilakukan pengujian terbukti memiliki efektivitas dan efisiensi yang lebih tinggi untuk mendukung praktikum secara virtual dalam bidang keteknikan dibandingkan dengan praktikum konvensional.

IV. PENUTUP

Web learning dibangun untuk mendukung praktikum berbasis virtual laboratory (V-Labs) guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi praktikum khususnya praktikum remedial. Program aplikasi dibangun menggunakan SDLC model, dengan mengakomodir kebutuhan spesifik pengguna berdasarkan analisis kebutuhan. Hasil pengujian membuktikan web V-Labs memiliki tingkat kelayakan tinggi (82.87) dan penggunaan V-Labs mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelaksanaan praktikum dibanding praktikum

konvensional. Untuk praktek laboratorium bidang teknologi dengan model simulasi disarankan menggunakan web V-Labs, sebagaimana telah dikembangkan dan dibuktikan efektivitasnya melalui penelitian-penelitian relevan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maskarto L, Nara R, Herlina, Endah W and , Tachyan Z. (2019). The Role of Indonesian Human Resources in Developing MSMEs Facing the Industrial Revolution 4.0. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, vol.2,(1), pp.193-199.
- [2] 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*, vol.VI, (2), pp.69-76.
- [3] Picciano, A.G., Dziuban, C.D., and Graham, C.R. (2014). *Blended Learning, Research Perspectives*. New York, Taylor & Francis.
- [4] 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 field patterns in rectangular waveguides and cavities, *International Journal of Online Engineering*, vol.8,(3), pp.12-21.
- [5] Sriadhi S, Gultom S and Restu R (2018). The Effect of Tutorial Multimedia on the Transformer Learning Outcomes Based on the Students' Visual Ability. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol.384, (1), doi:10.1088/1757-899X/384/1/012059
- [6] J. Curtis, Bonk and Graham, C.R. (2012). *The Handbook of Blended Learning*. New York, John Wiley & Sons.
- [7] Hiskia et al. (2019). The Development of Web Learning as Media to Deliver Web Programming Materials. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 299, Atlantis Press, pp.504-508.
- [8] Maria, A.G (2018). Collaborative Learning and Virtual Laboratories. A New Way of Teaching and Learning on The Internet.. *EDULEARN18 Proceedings, 10th International Conference on Education and New Learning Technologies*, July 2nd-4th, 2018 — Palma, Mallorca, Spain, pp.3582-3587.
- [9] Peter K and Mudrikova,A (2018). Virtual laboratory and e-learning. *Conference paper of CIEEE Xplore*, vol.4, pp.647-650. DOI: 10.1109/ICCAE.2010.5451548
- [10] Vasil Kozov, G.I Ivanova, and A. Ivanov (2018). A Conceptual Model of 3D Web Learning Environment for Mechanical Engineering Education. *Conference: 10th International Conference on Education and New Learning Technologies*, July 2018, DOI: 10.21125/edulearn.2018.1560
- [11] Shopi, S.M and Eka C.P (2018). Using Physics Education Technology as Virtual Laboratory in Learning Waves and Sounds. *Journal of Science Learning*, vol.1,(3), pp.116-121.
- [12] S. Sriadhi, H. Sitompul and R.Restu (2019). Virtual Laboratory Simulation to Improve Learning Outcomes of Basic Electrical Practicum. *The 4th Annual Applied Science and Engineering Conference*, Denpasar Bali, 24 April 2019.

PENGHARGAAN

Artikel ini ditulis berdasarkan hasil penelitian PTUPT tahun pertama, sesuai dengan kontrak dengan No.190/SP2H/LT/DRPM/2019. Untuk itu terima kasih diucapkan kepada DRPM Kemenristekdikti selaku penyandang dana, dan Rektor beserta LPPM Unimed sebagai universitas pelaksana.

- [13] D. Perdukova and P. Fedor (2011). A virtual laboratory for the study of Mechatronics. *9th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications • Slovakia*, October 27-28, 2011, pp.163-166.
- [14] Galya S.; Veselina N; Svetoslav A (2017). Designing a Virtual Laboratory for Teaching Programming, *18th International Conference, CompSysTech '17*, Ruse, Bulgaria, June 23-24, 2017, *ACM International Conference Proceeding Series*, vol.1369, pp.310-317.
- [15] Whitten, J.L (2005). *Metode Desain dan Analisis Sistem (edisi 6)*. Yogyakarta, Andi Offset.
- [16] Sriadhi (2016). Rancang Bangun Ssitem Informasi Inventaris Berbasis Multimedia Akses Online. *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*, vol. 8,(2), pp.989-1000.
- [17] Gunawan et al. (2018). Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Physics Learning. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1108, doi :10.1088/1742-6596/1108/1/012049
- [18] Dhang,S, Pabitra K.J and Chittaranjan. M. (2017). Virtual Laboratory for Basic Electronics. *Journal of Engineering, Science and Management Education*, vol.10, (1), pp.67-74.
- [19] Juškaite,L (2019). The Impact of the Virtual Laboratory on the Physics Learning Process. *Proceedings of the International Scientific Conference*, vol.V, , pp.159-168.
- [20] Beata et al. (2019).Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*. May 2019, 24, (3), pp 2059–2080. DOI: 10.1007/s10639-018-09857-0.