

Personalisasi virtual laboratory menggunakan kecerdasan buatan

Irawan Dwi Wahyono¹

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | irawan.dwi.ft@um.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi pembelajaran di industri 4.0 dalam beberapa tahun terakhir ini berkembang pesat salah satunya adalah aplikasi virtual. Salah satu aplikasi pembelajaran virtual yang dikembangkan saat ini adalah laboratorium virtual. Penggunaan laboratorium virtual dalam Revolution 4.0 sangat berguna terutama lembaga pendidikan yang tidak memiliki cukup ruang dan peralatan. Penelitian laboratorium virtual telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Pengembangan laboratorium virtual yang dikembangkan adalah media, model dan bahan di laboratorium virtual. Laboratorium virtual yang ada adalah pembelajaran satu arah. Laboratorium virtual tidak memiliki umpan balik dengan pengguna terutama keinginan dan kemampuan pengguna di laboratorium virtual. Diperlukan pembelajaran laboratorium berdasarkan keinginan dan kemampuan pengguna. Model pembelajaran ini dikenal sebagai personalisasi. Penelitian ini mengembangkan laboratorium virtual yang dipersonalisasi dengan memanfaatkan kecerdasan buatan. Kemampuan dan kemauan pengguna diproses oleh kecerdasan buatan untuk menentukan model, media dan bahan yang cocok untuk pengguna. Hasil uji coba di laboratorium virtual ini memperoleh nilai akurasi menurut pengguna berdasarkan hasil personalisasi yang diperoleh sebesar 90,8%

Kata Kunci

virtual laboratorium, artificial intelligent, personalized, website

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi di Revolusi industri 4.0 menyebabkan banyaknya aplikasi-aplikasi dalam dunia industri maupun pendidikan. Beberapa aplikasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam mengelola sumber daya yang dimilikinya begitu juga didalam dunia industri maupun dunia pendidikan. Aplikasi dalam bidang riset dalam dunia industri maupun dunia pendidikan terus berkembang salah satunya adalah aplikasi laboratorium yang digunakan sebagai media riset dan media pendidikan untuk kebutuhan manusia. Perkembangan aplikasi laboratorium telah banyak dikembangkan beberapa tahun terakhir ini. Aplikasi laboratorium yang dijalankan secara online maupun offline. Ada beberapa aplikasi laboratorium yang memerlukan resource besar maupun kecil tergantung fitur-fitur yang dimilikinya. Pengguna aplikasi mobile membutuhkan aplikasi laboratorium yang bisa diakses dimana saja dan kapan saja.

Beberapa penelitian telah melakukan pengembangan aplikasi laboratorium. Beberapa memiliki kelebihan maupun kekurangan masing-masing baik itu dari segi konten, resource dan media yang digunakan. Beberapa penelitian juga mengembangkan aplikasi laboratorium cerdas yang mana memiliki kecerdasan buatan dalam fitur-fitur penggunaannya. Aplikasi laboratorium cerdas membutuhkan resource yang besar sehingga tidak cocok untuk diaplikasikan pada device mobile untuk digunakan dimana saja dan kapan saja. Beberapa kekurangan dari aplikasi laboratorium cerdas yaitu belum adanya interaksi antara pengguna dengan aplikasi itu sendiri. Interaksi itu dalam bentuk: pengguna dapat menggunakan aplikasi laboratorium sesuai keinginannya dan kemampuan yang dimiliki pengguna dan bisa digunakan kapan saja dan dimana saja.

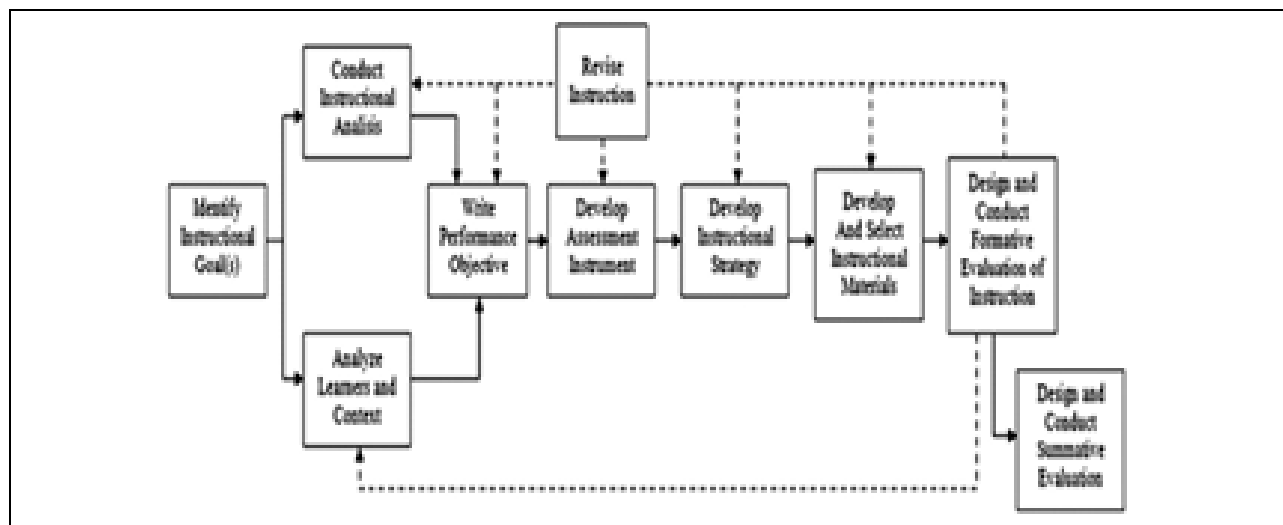
Kecerdasan buatan yang dibutuhkan dalam aplikasi laboratorium adalah algoritma yang memiliki komputasi handal dan membutuhkan resource yang kecil yang bisa digunakan kapan saja dan dimana saja. Salah satu algoritma itu adalah Expert System. Expert System dalam aplikasi laboratorium adalah untuk mengklasifikasi kemampuan pengguna dalam aplikasi. Klasifikasi itu dalam 3 kategori yaitu Tinggi, sedang dan rendah. Setelah itu pengguna berinteraksi dengan aplikasi laboratorium untuk menentukan lanjut pada modul-modul selanjutnya. Untuk itu dibutuhkan algoritma cerdas yaitu Expert System. Keputusan ini berdasarkan poin-poin yang dikumpulkan dan bonus-bonus yang dimiliki seperti aplikasi game yang bersifat interaktif.

Penelitian ini mengembangkan aplikasi laboratorium cerdas yang mana pengguna menggunakan aplikasi sesuai dengan kemampuan dan kemauan pengguna dan dapat digunakan kapan saja dan dimana saja. Sistem cerdas yang terdapat pada laboratorium ini menggunakan expert system. Expert system untuk mengklasifikasi kemampuan pengguna dan kemauan pengguna. Klasifikasi ini dibagi dalam 3 kategori. Sedangkan untuk interaksi dengan pengguna dan untuk menentukan kelanjutan pengguna dalam aplikasi seperti game aplikasi

2. Metode

Penelitian ini menggunakan model penelitian pengembangan pembelajaran Walter Dick and Lou Carey (2001). Model ini mengarah pada upaya pemecahan masalah belajar dan ter-program melalui prosedur atau langkah-langkah kegiatan yang sistematis. Langkah-langkah tersebut adalah (Gambar 1): (1) Identifying Instructional Goal, (2) Conducting Instructional Analysis, (3) Analyze Learner and Context, (4) Write Performance Objectives, (5) Develop Assesment Instrumen, (6) Develop Instructional Strategy, (7) Develop and Select Instructional Material, (8) Design and Conduct Formative Evaluation of Instruction, (9) Revise Instruction, (10) Design and Conduct Summative Evaluation [8].

Pada penelitian ini, tahapan yang digunakan hanya sampai pada tahapan ke-sembilan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa pengembangan model pembelajaran Virtual Laboratory yang dilakukan hanya sampai pada uji coba prototype produk.



Gambar 1. Model Pengembangan Pembelajaran

Pada penelitian ini uji coba produk pengembangan dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu uji perseorangan, uji kelompok kecil, dan uji lapangan. Tahap uji perseorangan ini, dilakukan oleh ahli media pembelajaran, ahli materi dan ahli model pembelajaran. Uji coba perseorangan dilakukan untuk mengetahui kelayakan materi ajar, media pembelajaran dan rancangan model pembelajaran Virtual laboratory yang dikembangkan.

Uji coba kelompok kecil bertujuan untuk melihat kelayakan rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory khususnya kelayakan media pembelajaran berbasis web dan LMS yang digunakan pada pembelajaran mata kuliah mesin listrik. Pada kegiatan uji coba kelompok kecil ini, peneliti menggali informasi tentang segala kendala yang dihadapi peserta didik ketika mencoba atau menggunakan media pembelajaran berbasis web dan LMS, selain itu, peneliti

juga mengidentifikasi kelemahan-kelemahan yang dimiliki LMS dari berbagai aspek menurut sudut pandang sekelompok peserta didik tersebut.

Uji lapangan merupakan tahap lanjutan setelah dilakukan uji coba kelompok kecil. Pada tahap ini, pengembang meminta informasi dari peserta didik yang berjumlah minimal 20 orang dalam satu tempat tertentu secara bersamaan. Produk yang di uji cobakan pada uji lapangan merupakan produk hasil revisi pada perseorangan (evaluasi ahli) dan tahap uji coba kelompok kecil. Uji lapangan ini dilakukan untuk mengetahui layak tidaknya produk yang telah dikembangkan.

Intrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket. Angket digunakan pada proses validasi ahli (ahli materi, media dan model pembelajaran Virtual Laboratory), dan juga untuk melihat respon siswa terhadap model pembelajaran dan Learning Management System yang telah dikembangkan. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket tertutup dimana alternatif jawaban telah disediakan sehingga responden tinggal memilih jawaban yang ada. Penghitungan skor angket dihitung dari skor jawaban untuk tiap-tiap pertanyaan. Jawaban pada angket menggunakan skala Likert yang terdiri dari 4 kategori pilihan.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan rumus persentase, dimana hasil dari perhitungan tersebut digunakan untuk melihat kelayakan aspek-aspek pembelajaran yang dinilai. Untuk menentukan persentase kelayakan indikator yang dinilai, rumus yang digunakan adalah rumus data per-item (Persamaan 1) [8]

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\% \tag{1}$$

Deskripsi:

P = Skor persentase

$\sum x$ = jumlah responden dalam satu item

$\sum x_i$ = total of ideal value

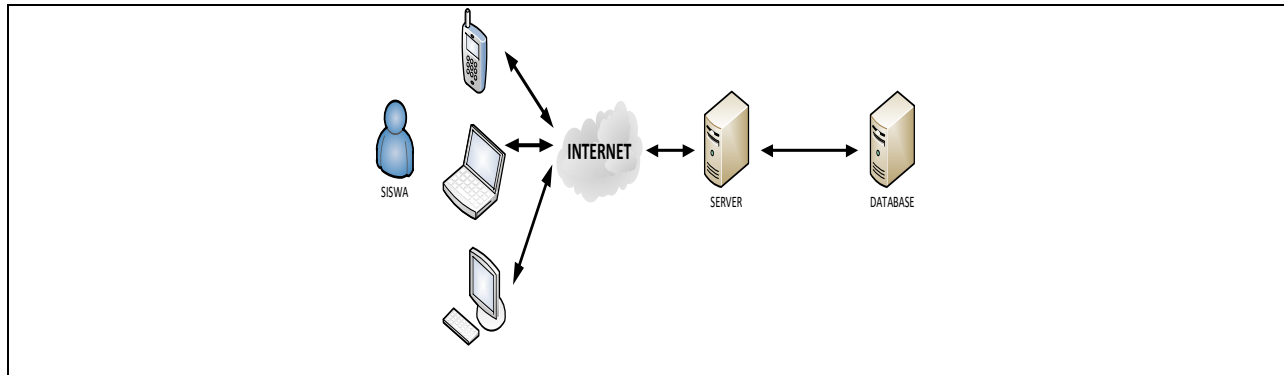
Tabel 1. Kriteria Tingkat Kelayakan

Persentase	Kualifikasi	Keterangan
80 % - 100%	Valid	Tidak Revisi
60 % - 79%	Cukup valid	Tidak Revisi
50 % - 59%	Kurang valid	Revisi
0% - 49%	Tidak valid	Diganti

a) *Arsitektur Virtul Lab*

Virtual lab yang dibuat menggunakan LMS dengan bantuan moodle sebagai media pembelajaran interaktif seperti diperlihatkan dalam gambar 2. Siswa bisa menggunakan device yang terkoneksi dengan internet untuk mengakses Virtual Laboratorium, kemudian

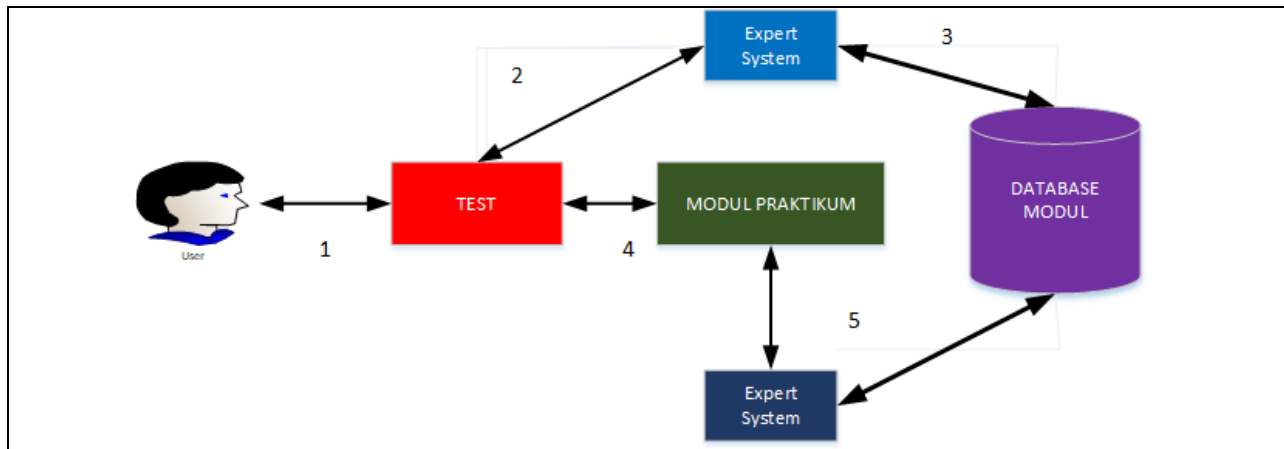
mendapatkan mendaftar sebagai anggota/dosen/pembimbing dengan fasilitas yang berbeda yang diatur oleh server dan disimpan dalam database.



Gambar 2. Arsitektur Virtual Lab

b) *Model Virtual Lab*

Dalam aplikasi virtual laboratorium digunakan pada mata kuliah mesin listrik yang terdapat interaksi antara instruktur dan siswa dengan membedakan interaksi didalamnya yaitu instruktur sebagai pemberi materi pembelajaran dan konsultasi secara online kepada siswa. Sedangkan siswa hanya sebagai user yang harus terdaftar dalam virtual lab yang bisa melakukan interaksi baik online dengan intruktur maupun offline dengan instruktur. Model virtual lab diperlihatkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Model Virtual Lab

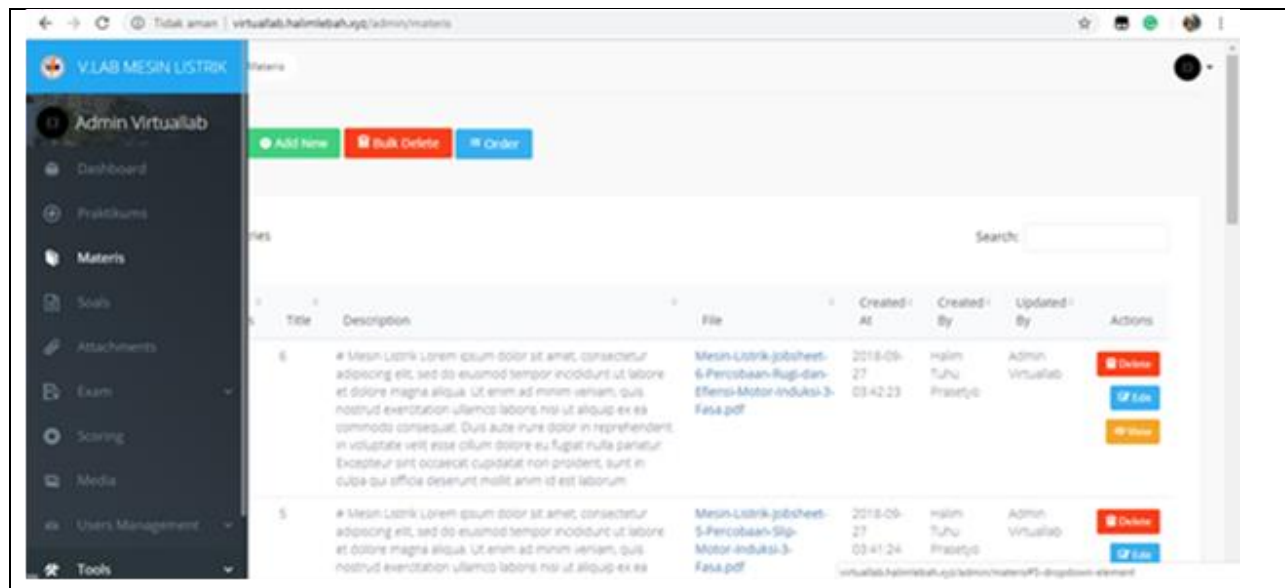
Langkah-langkah dalam aplikasi ini sebagai berikut:

- 1) Pengguna melakukan test awal yang dikenal disebut pre-test. Ini sebagai parameter penentuan penggunaan virtual lab.

- 2) Parameter yang sudah entri kemudian dilakukan klasifikasi pengguna dengan menggunakan Expert System
- 3) Hasil klasifikasi kemudian dicocokkan pada database untuk menentukan klasifikasi modul yang sesuai dengan pengguna.
- 4) Pengguna menjalankan aplikasi laboratorium sesuai kemampuan pengguna dengan modul-modul yang sesuai.
- 5) Pengguna telah menyelesaikan modul, pengguna bisa melanjutkan ke modul selanjutnya harus sesuai dengan parameter pada tabel 2 kemudian diolah menggunakan Expert System.
- 6) Hasil pengolahan dari parameter-paramter yang didapat menggunakan Expert System menentukan modul selanjutnya yaitu : lanjut, ulang atau keluar

3. Hasil

Tampilan Virtual Laboratorium diperlihatkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Virtual Laboratorium

Virtual Laboratorium menyediakan juga menyediakan angket untuk dilakukan uji coba sesuai model penelitian pengembangan pembelajaran Walter Dick and Lou Carey yaitu angket untuk ahli media pembelajaran yang terdaftar pada Virtual Laboratorium sebagai dosen, angket untuk ahli materi yang terdaftar pada Virtual Laboratorium sebagai dosen, angket untuk ahli model pembelajaran yang terdaftar pada Virtual Laboratorium sebagai dosen, angket untuk kelompok kecil yang terdaftar pada Virtual Laboratorium sebagai siswa, dan angket untuk uji coba lapangan yang terdaftar pada Virtual Laboratorium sebagai siswa.

a) Hasil Uji Coba Ahli Media Pembelajaran

Data validasi ahli media diperoleh dari media *Virtual Laboratory* yang login sebagai dosen atau pembimbing melalui angket web pada pengajar mesin-mesin listrik sebanyak 2 pengajar. Data hasil validasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Uji Coba Ahli Media

No.	Aspek Penilaian	Jumlah	Persentase Rata-rata
1.	Efektifitas media pembelajaran	8 aspek penilaian	100 %
2.	Kemenarikan media pembelajaran	5 aspek penilaian	97,5 %
3.	Efisiensi media pembelajaran	4 aspek penilaian	96,9 %
Jumlah		17 aspek penilaian	98,5 %

Berdasarkan Tabel 1 tentang kriteria tingkat kelayakan, hasil yang diperoleh dari ahli media pembelajaran secara keseluruhan menyatakan bahwa media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran sangat baik. Hasil rata-rata keseluruhan aspek penilaian yang diperoleh dari kedua ahli media adalah sebesar 98,5%, sehingga dapat dikatakan media pembelajaran yang digunakan pada pembelajaran pemrograman web dinamis dasar menggunakan model *Virtual Laboratory* telah valid dan tidak perlu revisi.

b) Hasil Uji Coba Ahli Materi Pembelajaran

Data validasi diperoleh dari media web *Virtual Laboratory* yang login sebagai dosen atau pembimbing dari angket web pada pengguna mesin-mesin listrik yaitu sebanyak 4 dosen pengajar. Berdasarkan Tabel 3 yang mengacu pada Tabel 1 tentang kriteria tingkat kelayakan, hasil yang diperoleh dari kedua ahli materi secara keseluruhan menyatakan bahwa materi yang dikembangkan pada rancangan model pembelajaran *Virtual Laboratory* sangat baik. Rata-rata persentase keseluruhan aspek penilaian dari kedua ahli materi adalah 89,7%, sehingga dapat dikatakan bahwa materi pada standar kompetensi line follower dasar yang dikembangkan telah valid dan tidak perlu revisi.

Tabel 3. Data Hasil Uji Coba Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	Jumlah	Persentase Rata-rata
1	Materi media pembelajaran	10 aspek penilaian	83,75 %
2	Evaluasi media pembelajaran	3 aspek penilaian	91,7 %
3	Efisiensi dan Efektivitas media pembelajaran	7 aspek penilaian	93,75%
Jumlah		20 aspek penilaian	89,7 %

c) Hasil Uji Coba Ahli Model Pembelajaran

Evaluasi ahli desain dan model pembelajaran dilakukan, bertujuan untuk menyempurnakan model pembelajaran *Virtual Laboratory* yang telah dikembangkan. Data validasi ahli model pembelajaran diperoleh dari web *Virtual Laboratory* dalam bentuk angket sebanyak 3 dosen.

Berdasarkan Tabel 4 yang mengacu pada Tabel 1 tentang kriteria tingkat kelayakan, hasil yang diperoleh dari ahli model pembelajaran secara keseluruhan menyatakan bahwa model pembelajaran Virtual Laboratory yang telah dirancang telah memenuhi kriteria penilaian. Rata-rata persentase yang diperoleh adalah sebesar 94,8%, sehingga dapat dikatakan rancangan bahwa rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory telah valid dan tidak perlu revisi.

Tabel 4. Data Hasil Validasi Ahli Model Pembelajaran Virtual Laboratory

Aspek Penilaian	Tujuan (%)	Isi (%)	Teknologi (%)	Desain pesan (%)
Keefektifan	100	100	100	100
Kemenarikan	75	100	100	90
Efisiensi	100	100	83.3	94,3

d) Hasil Uji Coba Kelompok Kecil

Pada bagian ini akan diuraikan hasil uji coba kelompok kecil yang diuji cobakan kepada mahasiswa PTE UM yang bergabung dalam mata kuliah mesin-mesin listrik Data diambil dari 10 mahasiswa. Data hasil validasi kelompok kecil ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Uji Coba Kelompok Kecil

No	Aspek Penilaian	Jumlah	Persentase Rata-rata
1	LMS	13 aspek penilaian	82,3%
2	Materi LMS	5 aspek penilaian	78,5 %
	Jumlah	18 aspek penilaian	80,4 %

Berdasarkan hasil analisis data didapatkan rata-rata skor total keseluruhan aspek penilaian sebesar 80,4 % yang mengacu pada Tabel 5 tentang kriteria validitas, maka pada uji coba kelompok kecil ini, LMS yang dikembangkan dapat dinyatakan valid.

e) Hasil Uji Coba Lapangan

Uji lapangan merupakan tahap lanjutan setelah dilakukan uji coba kelompok kecil. Pada bagian ini akan diuraikan hasil uji coba lapangan yang diuji cobakan kepada peserta mata kuliah mesin-mesin listrik sebanyak 24 siswa. Data hasil validasi ditunjukkan pada Tabel 6. Setelah dilakukan perbaikan pada LMS yang beracuan pada data hasil uji coba kelompok kecil (Tabel 5), maka beberapa aspek penilaian yang sebelumnya bernilai cukup valid (rentangan 60-79%), pada uji coba lapangan persentase dari beberapa aspek penilaian yang disajikan pada Tabel 6. mengalami peningkatan dan dapat dikatakan bahwa semua aspek penilaian telah valid (rentangan 80-100%).

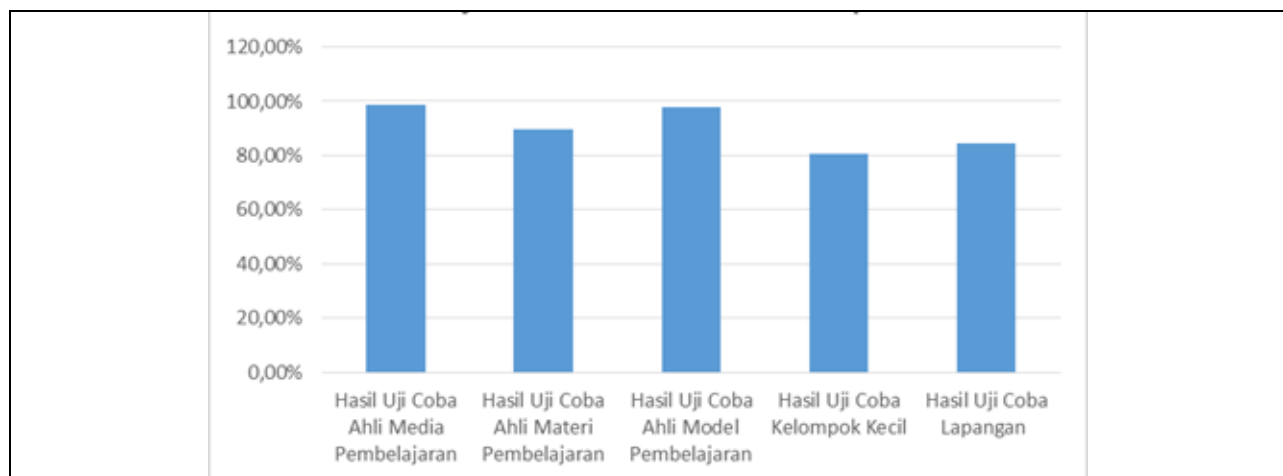
Tabel 6. Data Hasil Uji Coba Lapangan

No	Aspek Penilaian	Jumlah	Persentase Rata-rata
1	LMS	13 aspek penilaian	84,6%
2	Materi LMS	5 aspek penilaian	84,2 %
	Jumlah	18 aspek penilaian	84,4 %

Hasil uji coba pada ahli materi, ahli media, ahli model, kelompok kecil dan lapangan dilakukan analisa data dengan perbandingan pada pilot project Virtual Laboratorium sebagai berikut:

1. Ahli media, aspek penilaian pada kemenarikan media dengan persentase 97,5 % disebabkan kurangnya animasi, sedangkan untuk efisiensi media dengan persentase 96,9% disebabkan kurang pada kelengkapan, ada kenaikan 2,5% setelah dilakukan perbaikan.
2. Ahli materi, aspek penilaian materi dengan persentase 83,75% disebabkan kekurangan dalam penggunaan bahasa, aspek evaluasi dengan persentase 91,7% disebabkan proses umpan balik, sedangkan aspek efisiensi dengan persentase 93,75% disebabkan pada motivasi, ada kenaikan 3% setelah dilakukan perbaikan.
3. Ahli model, aspek kemenarikan dengan persentase 75% pada tujuan disebabkan kurang dari segi sasaran dan aspek efisiensi dengan persentase 83,3% pada teknologi disebabkan kurang fleksibilitas, ada kenaikan 7% setelah dilakukan perbaikan.
4. Kelompok kecil, LMS dengan nilai 82,3% disebabkan kesedianan tutorial sedangkan materi LMS dengan presentase 78,5% kurangnya penggunaan gambar. Setelah dilakukan perbaikan ada kenaikan sebesar 6%. Hasil perbaikan diperlihatkan dalam uji lapangan dalam Tabel 7.

Secara keseluruhan data hasil uji coba validasi ahli media, ahli materi, uji coba kelompok kecil, dan uji coba lapangan (Gambar 6), didapatkan data akhir sebesar 98,5% untuk ahli media, 89,7% untuk ahli materi, 94,8% untuk ahli model pembelajaran, 80,4% untuk uji coba kelompok kecil, dan 84,4% untuk uji coba lapangan. Hasil rata-rata yang diperoleh dari semua uji coba yang dilakukan adalah sebesar 90,8%. Berdasarkan Tabel 1 tentang kriteria validitas, maka secara keseluruhan rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory dan juga komponen model pembelajaran berupa Learning Management System dan perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dinyatakan valid dan tidak perlu revisi.



Gambar 5. Diagram Hasil Uji Coba

4. Kesimpulan

Virtual Laboratory merupakan gabungan dari pembelajaran tatap muka dan pembelajaran online yang memiliki setting pembelajaran yang beragam. Rancangan Virtual Laboratory yang dirancang mengacu pada setting pembelajaran yang mengklasifikasi-kan setting pembelajaran kedalam empat kuadran, yaitu (1) Live Synchronous, (2) Virtual Synchronous, (3) Self-paced asynchronous, dan (4) Collaborative asynchronous

Berdasarkan proses pengembangan dan analisis data hasil uji coba yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

- 1) LMS sebagai komponen utama pada model pembelajaran Virtual Laboratory ini telah memenuhi kriteria sebagai media pembelajaran yang efektif dan efisien dengan rata-rata persentase validitas dari ahli media sebesar 98,5%.
- 2) Materi yang telah dikembangkan pada model pembelajaran Virtual Laboratory ini telah memenuhi standar kompetensi dengan rata-rata persentase validitas dari ahli materi sebesar 89,7%
- 3) Rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory ini telah dikembangkan dengan baik dengan persentase validitas dari ahli desain dan model pembelajaran Virtual Laboratory sebesar 94,8%.
- 4) Rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory dan komponen model pembelajaran berupa LMS serta perangkat pembelajaran, telah dikembangkan dengan baik dengan rata-rata persentase dari semua uji coba yang dilakukan sebesar 82,4%.
- 5) Rancangan model pembelajaran Virtual Laboratory ini telah layak digunakan dan diimplementasikan dengan rata-rata persentase dari semua uji coba yang dilakukan sebesar 90,8%..

Daftar Rujukan

- Callaghan, M. J., Eguíluz, A. G., McLaughlin, G., & McShane, N. 2015. Opportunities and challenges in virtual reality for remote and virtual laboratories. In *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)* (pp. 235-237). IEEE.
- dela Cruz, D. R., & Mendoza, D. M. M. 2018. Design and Development of Virtual Laboratory: A Solution to the Problem of Laboratory Setup and Management of Pneumatic Courses in Bulacan State University College of Engineering. In *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)* (pp. 1-23). IEEE.
- Rodriguez-Gil, L., García-Zubia, J., & Orduña, P. 2016. An architecture for new models of Online Laboratories: educative multi-user gamified hybrid laboratories based on Virtual Environments. In *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)* (pp. 202-203). IEEE. *Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)* (pp. 230-234). IEEE.

- Rokhmawati, A., Kusumo, G. R., Wahyoho, I. D., & Irawati, R. 2018. Ultranus: A novel Indonesian cultural game using artificial intelligence. In *2018 International seminar on application for technology of information and communication* (pp. 361-366). IEEE.
- Suwasono, S., Prihanto, D., Wahyono, I. D., & Nafalski, A. 2017. Virtual Laboratory for Line Follower Robot Competition. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(4), 2253.
- Wahyono, I. D. 2019. Open online course adaptif berbasis framework. *TEKNO*, 28(2), 103-115.
- Wahyono, I. D., Fadlika, I., Taufani, A. R., & Elmunsyah, H. 2018. Research in Ubiquitous Network: Communication Optimization using Publish-Subscribe. In *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)* (pp. 202-206). IEEE.
- Wahyono, I. D., Fadlika, I., Afandi, A. N., & Faiz, M. R. 2019. Preliminary study of wireless balloon network using adaptive position tracking technology for post disaster event. *Telkomnika*, 17(4).
- Wirawan, I. M., Herwanto, H. W., & Wahyono, I. D. 2017. Virtual programming laboratory UM (VLPUM) for programming competition. In *2017 5th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)* (pp. 158-162). IEEE.
- Wirawan, I. M., Taufani, A. R., Wahyono, I. D., & Fadlika, I. 2017. Online judging system for programming contest using UM framework. In *2017 4th International Conference on Information*
- Wirawan, I. M., Wahyono, I. D., & Idfi, G. 2018. Research in Wireless Sensor Networks: Optimization Service Discovery using Attenuated Bloom Filter. In *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)* (pp. 342-347). IEEE.
- Wirawan, I. M., Wahyono, I. D., Idfi, G., & Kusumo, G. R. 2018. IoT Communication System Using Publish-Subscribe. In *2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication* (pp. 61-65). IEEE.