

PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM: INOVASI APLIKASI DIGITAL UNTUK PRAKTIKUM EKONOMI DAN BISNIS

Alim Bahri^{*1}, Iza Guspian²

¹Program Studi Bisnis Digital, Universitas Bangka Belitung, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

²Program Studi Manajemen, Universitas Bangka Belitung, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia
Penulis korespondensi: Alim Bahri (alim@ubb.ac.id)

Pengembangan aplikasi Virtual Laboratorium di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Bangka Belitung (FEB UBB) merupakan upaya strategis dalam mentransformasi pembelajaran praktikum menuju kampus digital berdaya saing. Aplikasi ini dirancang untuk mendukung pembelajaran online berbasis simulasi, khususnya pada materi praktikum perangkat lunak statistik dan ekonometrika seperti SPSS dan EViews. Sistem dikembangkan dengan pendekatan modular berbasis web menggunakan konsep Role-Based Access Control (RBAC), sehingga hak akses dosen, mahasiswa, dan administrator dapat dikelola secara terstruktur. Fitur utama meliputi simulasi eksperimen, analisis data, forum diskusi asynchronous, serta monitoring capaian mahasiswa. Hasil pengujian awal menunjukkan aplikasi mampu meningkatkan fleksibilitas pembelajaran, memperluas akses laboratorium secara digital, dan mendukung efektivitas proses praktikum. Dengan demikian, Virtual Laboratorium ini menjadi solusi inovatif dalam mendukung transformasi pendidikan tinggi di era digital.

Keywords - *Laboratorium Virtual, SPSS, EViews, Role-Based Access Control, Inovasi Pendidikan Tinggi.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mendorong transformasi signifikan dalam pendidikan tinggi, termasuk di bidang ekonomi dan bisnis. Pandemi COVID-19 menjadi katalis yang mempercepat adopsi teknologi digital, memaksa institusi pendidikan untuk mencari alternatif pembelajaran praktikum yang tidak bergantung pada laboratorium fisik. Salah satu inovasi yang semakin relevan adalah virtual laboratorium, yaitu platform berbasis digital yang memungkinkan mahasiswa melakukan simulasi praktikum, eksperimen, dan analisis tanpa keterbatasan ruang dan waktu. Virtual laboratorium terbukti mampu meningkatkan fleksibilitas pembelajaran, mengurangi biaya operasional, serta memperluas akses mahasiswa terhadap pengalaman praktik yang sebelumnya

terbatas[1].

Dalam era Society 5.0, model pembelajaran dituntut untuk adaptif, personal, dan berbasis kebutuhan peserta didik. Virtual laboratorium hadir sebagai ruang simulasi interaktif di dunia maya, di mana mahasiswa dapat berkolaborasi, bereksperimen, dan mengatur dinamika kelompok secara mandiri. Inovasi ini merupakan hasil dari analisis kebutuhan pembelajaran yang menekankan kreativitas dan modifikasi metode terdahulu [2]. Dengan demikian, virtual laboratorium tidak hanya sekadar alat bantu, tetapi juga bagian dari transformasi pedagogis menuju pembelajaran yang lebih kontekstual dan relevan.

Fenomena global menunjukkan tren yang konsisten: penelitian di berbagai negara menegaskan bahwa penggunaan virtual lab dalam pendidikan bisnis mampu meningkatkan keterampilan analisis, pengambilan keputusan, serta keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran [3]. Lingkungan interaktif yang ditawarkan virtual lab menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik nyata, sehingga mahasiswa dapat mengembangkan kompetensi yang relevan dengan kebutuhan industri modern.

Di Indonesia, tren ini sejalan dengan kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yang menekankan pentingnya inovasi digital untuk mendukung pembelajaran fleksibel dan berbasis kompetensi [4].

Namun, kehadiran virtual laboratorium tidak lepas dari kritik. Sebagian kalangan menilai bahwa pengalaman praktikum fisik tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh simulasi digital, terutama dalam bidang yang menuntut keterampilan manual. Kritik lain menyoroti keterbatasan infrastruktur digital, seperti akses internet yang tidak merata, perangkat keras yang terbatas, serta kesiapan dosen dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam kurikulum. Oleh karena itu, virtual laboratorium lebih tepat diposisikan sebagai complementary tool yang memperkuat, bukan menggantikan, laboratorium fisik [5].

Dalam konteks lokal, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Bangka Belitung menghadapi tantangan nyata dalam menyediakan sarana laboratorium fisik yang memadai untuk simulasi bisnis, akuntansi, maupun analisis data. Keterbatasan ruang, biaya, dan perangkat sering kali menghambat mahasiswa memperoleh

pengalaman praktik yang mendalam. Fenomena ini mencerminkan masalah yang lebih luas di banyak institusi pendidikan tinggi di Indonesia, di mana keterbatasan infrastruktur fisik berpotensi menurunkan kualitas pembelajaran. Oleh karena itu, pengembangan virtual laboratorium menjadi solusi strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, memperkuat branding institusi sebagai pelopor inovasi digital, serta mendukung pencapaian standar akreditasi pendidikan tinggi [6].

Urgensi pengembangan aplikasi virtual laboratorium berbasis asynchronous semakin jelas. Model asynchronous memungkinkan mahasiswa melakukan simulasi dan eksperimen kapan saja sesuai ritme belajar mereka, tanpa bergantung pada kehadiran dosen secara bersamaan [7]. Hal ini mendukung *self-paced learning*, memperluas akses bagi mahasiswa dengan jadwal padat, serta relevan dengan kebijakan MBKM yang memberi kebebasan belajar lintas kampus dan program studi. Studi kasus menunjukkan bahwa mahasiswa yang menggunakan virtual lab asynchronous memiliki tingkat kemandirian belajar lebih tinggi, serta mampu mengulang eksperimen hingga memahami konsep secara mendalam. Dengan integrasi fitur *discussion board*, *peer review*, dan *feedback system*, virtual laboratorium asynchronous dapat tetap menjaga interaksi akademik meskipun berlangsung tanpa sinkronisasi waktu [8].

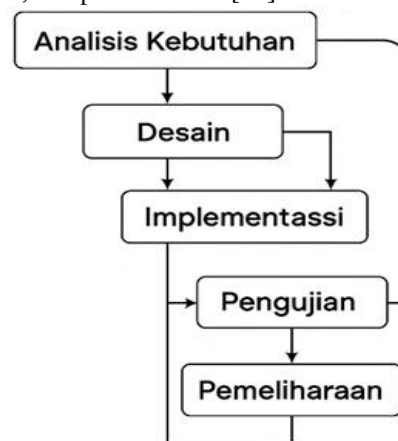
Penerapan virtual laboratorium semakin nyata: ia bukan lagi sekadar tren teknologi, melainkan kebutuhan fundamental dalam pengajaran modern. Artikel ini berupaya mengkaji efektivitas virtual laboratorium dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di bidang ekonomi dan bisnis, sekaligus mengangkat fenomena aktual yang menjadikan teknologi ini sebagai instrumen strategis dalam mendukung transformasi pendidikan tinggi di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode Perancangan Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan sistem pendidikan berbasis teknologi digital [9], yang dapat diimplementasikan dalam pembelajaran di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Bangka Belitung.

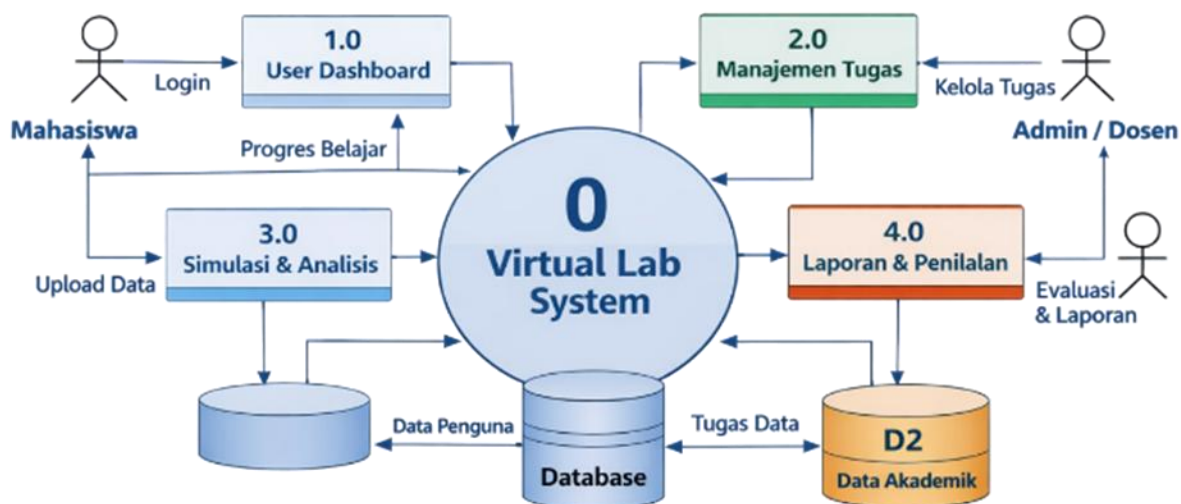
Pendekatan R&D dipilih karena sesuai untuk menghasilkan produk berupa sistem pendidikan digital yang dapat diuji, divalidasi, dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Dalam proses pengembangan sistem, digunakan model rekayasa perangkat lunak Waterfall, yang terdiri dari lima tahapan berurutan: analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [10].



Gambar 1. Model Rekayasa Perangkat Lunak Waterfall

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model rekayasa perangkat lunak Waterfall yang terdiri atas lima tahapan berurutan. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang dilakukan melalui wawancara, observasi, dan kuesioner terhadap stakeholder, meliputi dosen, mahasiswa, laboran, dan pengelola fakultas. Tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi permasalahan utama dalam pembelajaran praktikum, seperti keterbatasan laboratorium fisik, akses perangkat, serta kebutuhan fleksibilitas pembelajaran.

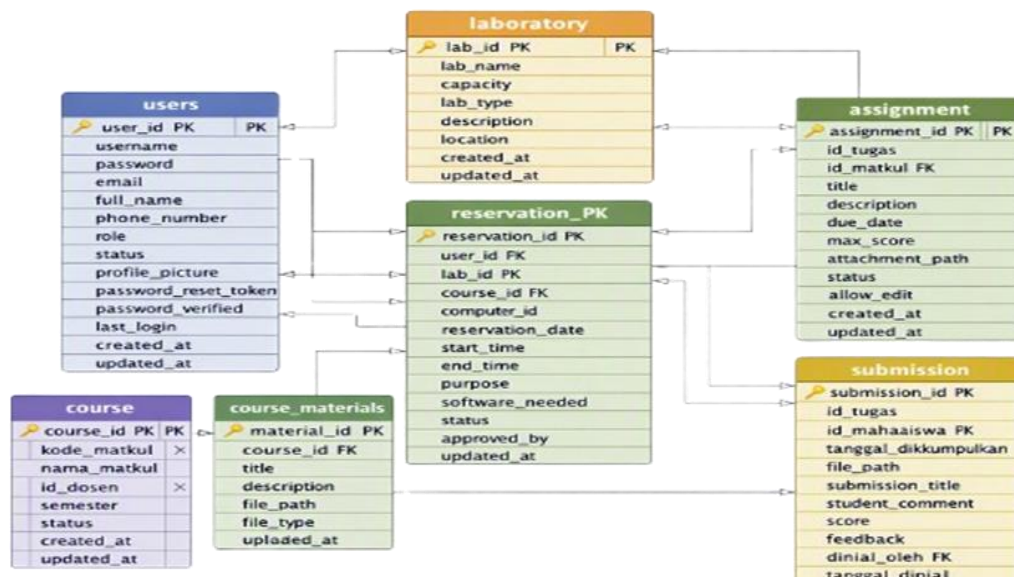
Tahap berikutnya adalah desain sistem, yang mencakup perancangan arsitektur aplikasi berbasis web, skema basis data, serta antarmuka pengguna yang responsif. Pada tahap ini juga diintegrasikan fitur asynchronous learning agar mahasiswa dapat melakukan simulasi kapan saja sesuai ritme belajar mereka. Pendekatan role-based access control (RBAC) digunakan untuk membedakan hak akses antara dosen, mahasiswa, dan admin sehingga sistem dapat berjalan lebih terstruktur dan aman.



Gambar 2. Data Flow Diagram Virtual Laboratorium

Analisis terhadap Data Flow Diagram (DFD) Virtual Lab Fakultas Ekonomi dan Bisnis UBB menunjukkan bahwa sistem ini dirancang dengan pendekatan modular yang terintegrasi, di mana setiap proses memiliki fungsi spesifik namun saling berhubungan untuk mendukung kegiatan akademik digital. Pusat sistem, yaitu Virtual Lab System, berperan sebagai pengendali utama yang mengatur aliran data antara pengguna (mahasiswa dan dosen/admin). Modul User Dashboard menjadi gerbang utama bagi mahasiswa untuk melakukan login dan

memantau progres belajar, sedangkan Manajemen Tugas memungkinkan dosen mengelola tugas secara efisien dan terhubung langsung dengan data akademik. Modul Simulasi & Analisis berfungsi sebagai inti laboratorium virtual, tempat mahasiswa melakukan pengujian statistik dan analisis data secara mandiri, dengan hasil yang tersimpan otomatis dalam basis data. Sementara itu, Laporan & Penilaian menjadi sarana evaluasi dan dokumentasi hasil pembelajaran yang dapat diakses oleh dosen dan mahasiswa.



Gambar 3. ERD Virtual Laboratorium

Tahap ketiga adalah implementasi sistem, yang dilakukan menggunakan framework PHP/Laravel dengan basis data MySQL. Sistem dikembangkan secara modular agar mudah dipelihara dan dikembangkan lebih lanjut [11]. Modul utama yang diimplementasikan meliputi simulasi eksperimen, analisis data, forum diskusi asynchronous, serta monitoring capaian mahasiswa.

Tahap keempat adalah pengujian sistem, yang dilakukan melalui metode User Acceptance Test (UAT) dengan melibatkan dosen dan mahasiswa sebagai pengguna utama. Evaluasi dilakukan untuk menilai aspek kemudahan penggunaan, kecepatan akses, keakuratan data, efektivitas fitur, serta kepuasan pengguna terhadap sistem.

Tahap terakhir adalah pemeliharaan sistem, yang dilakukan secara berkala untuk memastikan sistem tetap optimal dan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran yang terus berkembang. Proses pemeliharaan mencakup perbaikan bug, pembaruan fitur, serta peningkatan keamanan sistem agar aplikasi virtual laboratorium dapat digunakan secara berkelanjutan.

B. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara sistematis melalui serangkaian tahapan yang saling berkesinambungan. Tahap pertama adalah identifikasi masalah, yang dilakukan melalui observasi langsung terhadap praktik pembelajaran di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Bangka Belitung. Fokus utama pada tahap ini adalah keterbatasan laboratorium fisik dalam mendukung kegiatan praktikum berbasis simulasi bisnis, akuntansi, dan analisis data. Hasil identifikasi ini menjadi dasar bagi

perumusan kebutuhan akan solusi digital yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik pembelajaran. Tahap berikutnya adalah studi literatur, yang bertujuan memperkuat landasan teoritis penelitian. Kajian dilakukan terhadap berbagai penelitian terdahulu mengenai pengembangan *virtual laboratory* serta teori pendidikan seperti konstruktivisme, *experiential learning*, dan *technology acceptance model*. Kajian ini memberikan kerangka konseptual yang menjadi acuan dalam merancang sistem pembelajaran digital yang relevan dengan kebutuhan akademik di era transformasi digital.

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data melalui wawancara mendalam dengan dosen, mahasiswa, dan pengelola fakultas, serta dokumentasi kegiatan praktikum, laporan evaluasi, dan kebijakan MBKM. Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan triangulasi untuk memastikan validitas dan reliabilitas informasi yang digunakan dalam tahap analisis kebutuhan sistem. Tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk merumuskan spesifikasi teknis dan fungsional aplikasi. Analisis ini menghasilkan kebutuhan utama berupa fitur simulasi eksperimen, forum diskusi asynchronous, integrasi dengan sistem akademik, serta penerapan konsep *Role-Based Access Control* (RBAC) untuk pengelolaan hak akses pengguna secara terstruktur.

Tahap desain sistem mencakup perancangan antarmuka pengguna yang intuitif, struktur basis data yang efisien, serta alur kerja sistem yang mendukung proses pembelajaran praktikum. Desain dilakukan secara modular agar sistem mudah dipelihara dan dikembangkan lebih lanjut, dengan menerapkan prinsip *user-centered design* untuk memastikan pengalaman pengguna yang

optimal. Proses pengkodean dan pengembangan dilakukan menggunakan framework PHP/Laravel untuk logika aplikasi, HTML, CSS, dan Bootstrap/Tailwind untuk antarmuka, serta MySQL sebagai basis data. Pendekatan modular diterapkan agar sistem fleksibel dan scalable, dengan fokus pada integrasi fitur simulasi SPSS dalam lingkungan virtual.

Tahap pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memverifikasi fungsi sistem dan User Acceptance Test (UAT) yang melibatkan dosen serta mahasiswa sebagai pengguna utama. Evaluasi mencakup aspek kemudahan penggunaan, kecepatan akses, keakuratan data, efektivitas fitur, dan tingkat kepuasan pengguna.

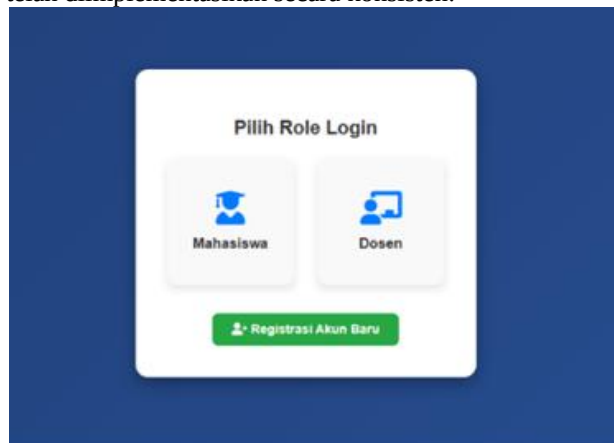
Setelah sistem dinyatakan sesuai spesifikasi, dilakukan implementasi dengan menginstal aplikasi dan mengintegrasikannya ke dalam mata kuliah praktikum. Proses ini disertai pendampingan teknis untuk memastikan transisi berjalan lancar dan pengguna dapat beradaptasi dengan sistem baru. Tahapan terakhir adalah penyusunan laporan, yang merangkum seluruh proses penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi. Laporan disusun secara akademis dan sistematis, mencakup latar belakang, metodologi, hasil, pembahasan, kesimpulan, serta rekomendasi untuk pengembangan sistem serupa di institusi lain.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

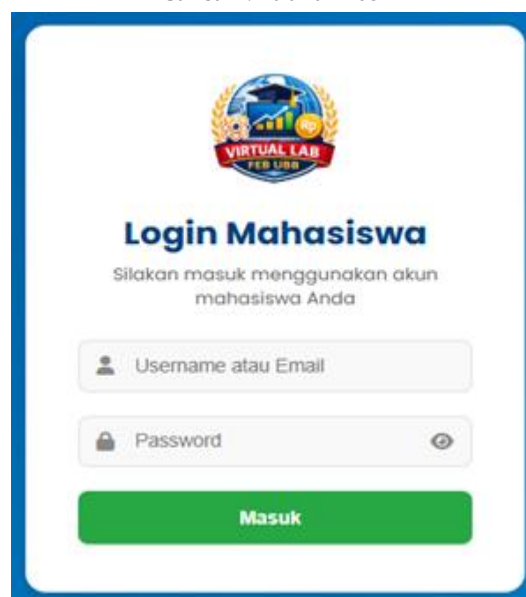
A. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, setiap komponen sistem baik tampilan maupun fungsi dioperasikan sesuai rancangan, sehingga sistem dapat digunakan secara langsung oleh stakeholder setelah dinyatakan siap. Hasil dari pengembangan sistem informasi Virtual Laboratorium Fakultas Ekonomi dan Bisnis UBB menunjukkan bahwa sistem berhasil mengintegrasikan kebutuhan multi-role dalam satu platform berbasis web. Sistem ini terdiri dari tiga level akses Administrator, Dosen, dan Mahasiswa. Setiap modul dirancang untuk mendukung interaksi

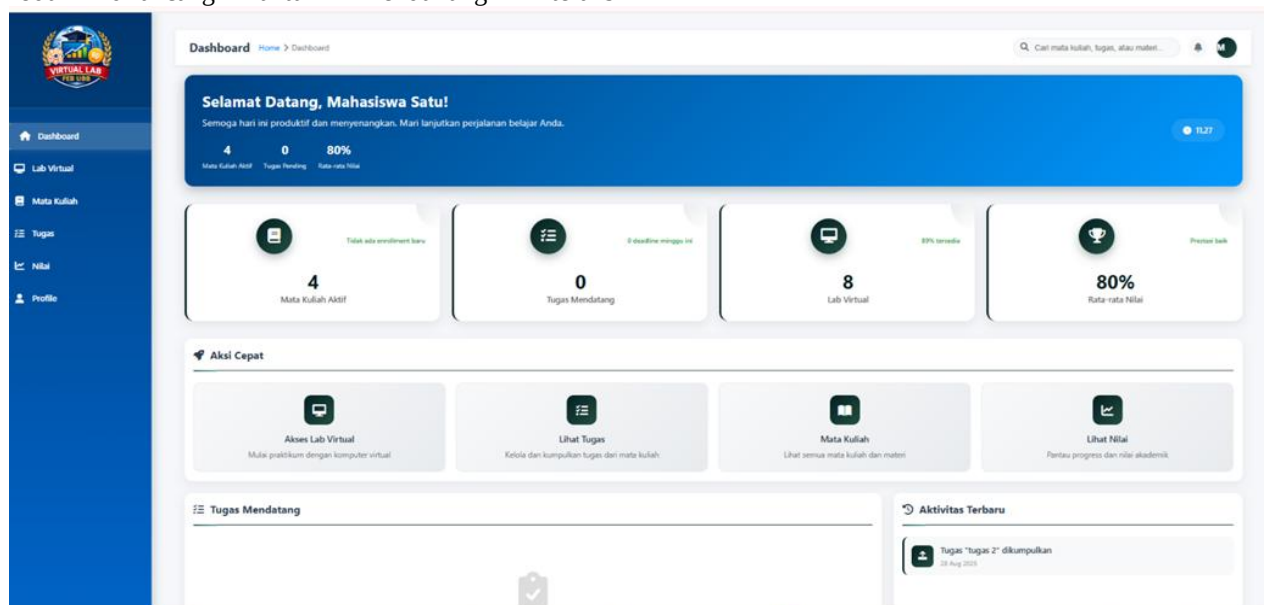
antar pengguna sesuai peran masing-masing, dengan pendekatan role-based access control (RBAC) yang telah diimplementasikan secara konsisten.



Gambar 4. Halaman Index



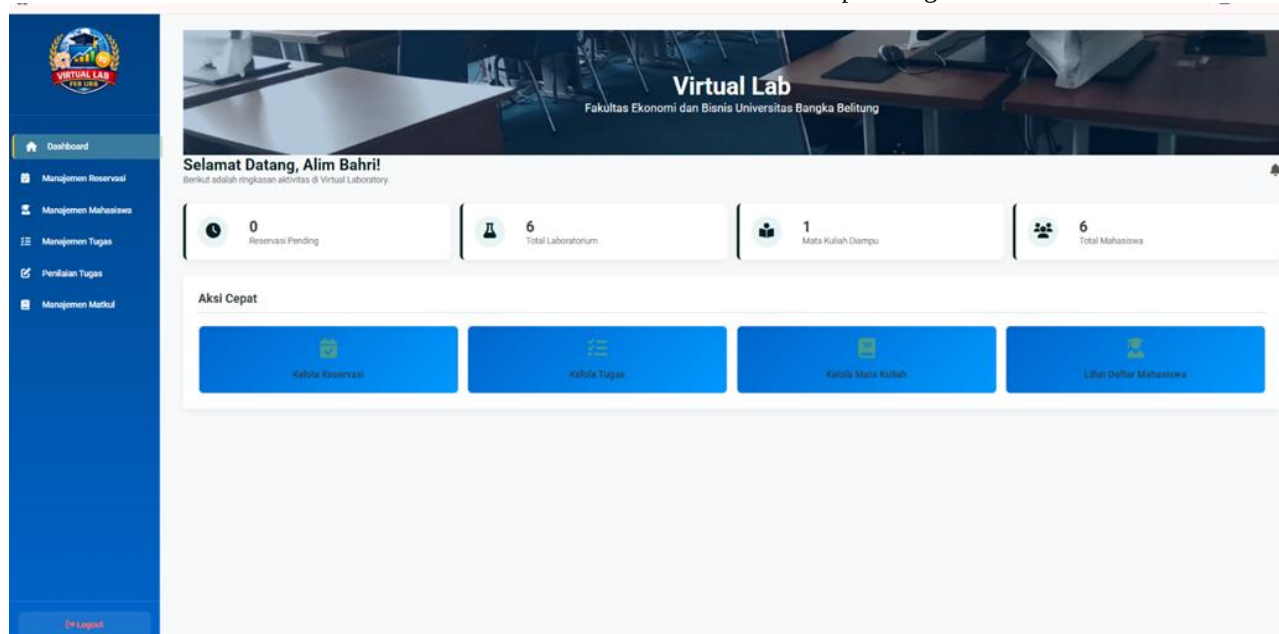
Gambar 5. Halaman Login Mahasiswa



Gambar 6. Halaman Dashboard Mahasiswa

Penerapan dashboard mahasiswa dalam aplikasi Virtual Laboratorium FEB UBB memperlihatkan capaian yang positif dalam mendukung transformasi pembelajaran berbasis digital. Antarmuka yang sederhana namun komunikatif memudahkan mahasiswa dalam mengakses informasi akademik secara terstruktur. Hal ini tercermin dari indikator utama yang ditampilkan, seperti jumlah mata kuliah aktif, status tugas, jumlah laboratorium virtual yang tersedia, serta rata-rata nilai yang dicapai.

Sistem menampilkan rata-rata nilai mahasiswa sebagai indikator konsistensi integrasi data akademik. Kehadiran informasi tugas mendatang memperlihatkan efektivitas sistem dalam mendukung keteraturan manajemen waktu belajar. Laboratorium virtual berfungsi tidak hanya sebagai media pelaporan, tetapi juga sebagai sarana eksplorasi pembelajaran interaktif. Integrasi menu yang sistematis memperkuat efisiensi navigasi, sehingga mahasiswa dapat mengurangi waktu pencarian informasi dan lebih fokus pada kegiatan akademik.



Gambar 7. Halaman Dashboard Dosen

Implementasi dashboard dosen memperlihatkan peran strategis dalam pengelolaan kegiatan akademik digital. Antarmuka yang terstruktur memudahkan dosen memantau aktivitas pembelajaran melalui indikator jumlah reservasi, laboratorium tersedia, mata kuliah diampu, serta jumlah mahasiswa terdaftar. Integrasi data akademik dalam satu platform mengurangi potensi benturan jadwal dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan fasilitas. Dashboard ini berfungsi sebagai pusat kendali akademik yang relevan dengan beban pengajaran dosen.

Modul manajemen tugas berperan sebagai pusat kendali distribusi instruksi akademik. Sistem mendukung fleksibilitas pengaturan tugas, sehingga dosen dapat menyesuaikan beban pembelajaran dengan kebutuhan metodologis mahasiswa. Transparansi deadline dan status publikasi memperkuat akuntabilitas akademik, sementara integrasi kontrol tugas memastikan kualitas instruksi terjaga secara konsisten.

Modul penilaian tugas berfungsi sebagai instrumen evaluasi akademik yang terintegrasi. Sistem menampilkan status penilaian, waktu pengumpulan, serta indikator keterlambatan, sehingga dosen dapat menilai kualitas sekaligus kedisiplinan mahasiswa. Proses evaluasi terdokumentasi secara langsung dalam platform, mendukung prinsip transparansi akademik dan memberikan kepastian status tugas bagi mahasiswa.

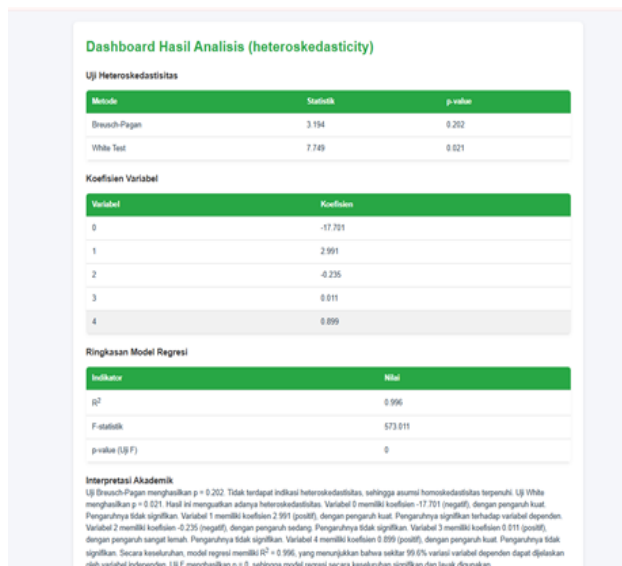
Penerapan simulasi SPSS virtual memperlihatkan inovasi signifikan dalam mendukung pembelajaran berbasis data. Mahasiswa dapat mengunggah dataset dan melakukan analisis statistik secara mandiri, mulai dari

regresi hingga uji asumsi klasik. Sistem ini memperkuat strategi digitalisasi laboratorium dengan menyediakan sarana praktikum berbasis web yang meningkatkan keterlibatan mahasiswa sekaligus efisiensi penggunaan sumber daya fakultas.

Pengembangan modul analisis statistik berbasis PHP memperlihatkan optimasi komputasi untuk akses hasil pengujian yang cepat dan efisien. Output analisis ditampilkan dalam format tabel ringkas, mencakup koefisien regresi, nilai t , p -value, dan statistik uji. Transparansi penyajian hasil mendukung akuntabilitas akademik, sementara integrasi interpretasi naratif membantu mahasiswa memahami makna hasil pengujian.

Mahasiswa dapat melakukan simulasi pengujian statistik secara mandiri tanpa harus bergantung pada perangkat lunak SPSS yang berat. Hal ini meningkatkan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran metodologi penelitian, sekaligus memperkuat pemahaman mereka terhadap interpretasi hasil analisis. Transparansi output yang ditampilkan juga mendukung prinsip akuntabilitas akademik, karena setiap hasil pengujian terdokumentasi dan dapat ditinjau kembali [12].

Penerapan fungsi matematis berbasis PHP dalam simulasi SPSS virtual memperkuat strategi digitalisasi laboratorium akademik. Sistem tidak hanya berfungsi sebagai media analisis, tetapi juga sebagai instrumen inovasi yang menegaskan komitmen fakultas terhadap pembelajaran berbasis teknologi [13].



Gambar 8. Hasil analisis dan Interpretasi Pengujian

Model penyajian hasil analisis dalam dashboard Virtual Laboratorium FEB UBB dirancang untuk memberikan visualisasi yang sistematis dan komunikatif. Hasil pengujian heteroskedastisitas ditampilkan dalam bentuk tabel ringkas yang memuat metode, nilai statistik, dan p-value. Penyajian ini memudahkan mahasiswa maupun dosen untuk segera mengidentifikasi apakah asumsi klasik

regresi terpenuhi. Selain itu, sistem menampilkan koefisien variabel secara terstruktur, sehingga pengguna dapat melihat arah dan kekuatan pengaruh masing-masing variabel. Penyajian koefisien dalam tabel memudahkan proses interpretasi, baik dari segi signifikansi maupun arah hubungan. Misalnya, variabel dengan koefisien positif signifikan dapat langsung diidentifikasi sebagai faktor yang berpengaruh terhadap variabel dependen.

Penyajian indikator ini dalam format tabel ringkas memperkuat keterbacaan hasil analisis, sekaligus mendukung prinsip transparansi akademik. Bagian interpretasi akademik yang disediakan dalam dashboard menjadi nilai tambah, karena sistem tidak hanya menampilkan angka, tetapi juga memberikan narasi penjelasan yang membantu mahasiswa memahami makna hasil pengujian. Dengan demikian, dashboard ini berfungsi ganda: sebagai alat analisis sekaligus sebagai media pembelajaran metodologis.

Fitur cetak laporan analisis SPSS virtual menyediakan dokumentasi formal atas hasil pengujian statistik. Struktur laporan yang sistematis memperkuat keterbacaan dan memudahkan integrasi hasil analisis ke dalam laporan penelitian atau tugas akhir. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai media analisis, tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang mendukung keterlibatan mahasiswa dalam metodologi penelitian.

B. Hasil Pengujian Sistem

Tabel 1 Hasil Pengujian Sistem

No	Skenario Uji	Jenis Pengujian	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Respon Pengguna (UAT)	Status
1	Username & Password valid	Black-box	Masuk ke dashboard mahasiswa	Sesuai	Mahasiswa menyatakan login cepat dan mudah	Lulus
2	Password salah	Black-box	Pesan error "Login gagal"	Sesuai	Mahasiswa menyatakan pesan error jelas	Lulus
3	Username & Password valid (dosen)	Black-box	Masuk ke dashboard dosen	Sesuai	Dosen menyatakan tampilan dashboard informatif	Lulus
4	Data lengkap valid (registrasi)	Black-box	Akun tersimpan, status pending	Sesuai	Pengguna menyatakan proses pendaftaran mudah	Lulus
5	Email sudah terdaftar	Black-box	Pesan error "Email sudah digunakan"	Sesuai	Pengguna menyatakan sistem responsif	Lulus
6	Input tanggal & lab valid	Black-box	Reservasi tersimpan	Sesuai	Dosen menyatakan fitur reservasi efisien	Lulus
7	Kapasitas penuh	Black-box	Pesan error "Lab penuh"	Sesuai	Pengguna menyatakan sistem membantu menghindari konflik jadwal	Lulus
8	File PDF valid	Black-box	Tugas tersimpan	Sesuai	Mahasiswa menyatakan unggah file cepat	Lulus
9	Format file salah	Black-box	Pesan error "Format tidak didukung"	Sesuai	Mahasiswa menyatakan sistem memberi peringatan jelas	Lulus
10	Dosen memberi nilai	Black-box	Nilai tersimpan di submission	Sesuai	Dosen menyatakan proses penilaian mudah	Lulus
11	File CSV valid	Black-box	Data terbaca di simulasi SPSS/EViews	Sesuai	Mahasiswa menyatakan simulasi berjalan lancar	Lulus
12	Format salah	Black-box	Pesan error "Format tidak didukung"	Sesuai	Mahasiswa menyatakan sistem memberi umpan balik cepat	Lulus
13	Variabel X, Y valid	Black-box	Output regresi (koefisien, R ² , p-value)	Sesuai	Dosen menyatakan hasil analisis akurat	Lulus
14	Variabel kosong	Black-box	Pesan error "Variabel tidak lengkap"	Sesuai	Mahasiswa menyatakan sistem membantu identifikasi kesalahan	Lulus
15	Data numerik valid	Black-box	Output uji T (t-stat, sig.)	Sesuai	Dosen menyatakan hasil sesuai ekspektasi	Lulus

No	Skenario Uji	Jenis Pengujian	Output yang Diharapkan	Hasil Aktual	Respon Pengguna (UAT)	Status
16	Data non-numerik	Black-box	Pesan error "Data harus numerik"	Sesuai	Mahasiswa menyatakan sistem mudah dipahami	Lulus
17	Data valid	Black-box	Grafik scatter/regresi tampil	Sesuai	Mahasiswa menyatakan visualisasi menarik dan informatif	Lulus
18	Data kosong	Black-box	Pesan error "Tidak ada data"	Sesuai	Pengguna menyatakan sistem memberi peringatan tepat	Lulus

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari rancang bangun aplikasi Virtual Laboratorium FEB UBB adalah bahwa sistem ini berhasil menghadirkan sebuah platform pembelajaran digital yang terintegrasi, efisien, dan komunikatif. Aplikasi ini tidak hanya menyediakan fitur manajemen akademik (dashboard mahasiswa dan dosen, manajemen tugas, penilaian, serta simulasi SPSS), tetapi juga mendukung proses dokumentasi hasil analisis dalam bentuk laporan cetak yang siap digunakan untuk kebutuhan penelitian maupun publikasi. Dengan struktur modular, aplikasi mampu menjawab kebutuhan mahasiswa dan dosen dalam mengakses, mengelola, serta mengevaluasi aktivitas akademik secara transparan dan real-time.

Keputusan untuk menggunakan fungsi matematis berbasis PHP dalam pengolahan hasil analisis didasarkan pada pertimbangan efisiensi akses. Sebelumnya, integrasi dengan library Python telah dicoba, namun ketika dijalankan secara online muncul berbagai keterbatasan, terutama pada saat melakukan generate hasil pengujian dengan dataset besar yang menyebabkan akses menjadi berat dan tidak responsif. Dengan pendekatan PHP, sistem dapat mengeksekusi perhitungan matematis secara lebih ringan, cepat, dan stabil, sehingga hasil analisis dapat ditampilkan langsung melalui dashboard tanpa membebani server maupun pengguna. Hal ini memperkuat tujuan utama aplikasi, yaitu menyediakan laboratorium virtual yang praktis, mudah diakses, dan mendukung digitalisasi pembelajaran di Fakultas Ekonomi dan Bisnis UBB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh pihak di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Bangka Belitung yang telah memberikan dukungan penuh dalam proses perancangan dan pengembangan aplikasi Virtual Laboratorium ini. Dukungan tersebut tidak hanya berupa fasilitasi akademik dan teknis, tetapi juga semangat kolaborasi yang memperkuat komitmen fakultas terhadap inovasi pembelajaran digital.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bangka Belitung yang telah memberikan dukungan terutama dalam bentuk pendanaan penelitian, sehingga proyek ini dapat terlaksana dengan baik dan menghasilkan luaran yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik akademik.

Kontribusi seluruh pihak menjadi fondasi penting dalam keberhasilan penelitian ini, sekaligus menegaskan bahwa pengembangan aplikasi Virtual Laboratorium bukan hanya hasil kerja teknis semata, melainkan wujud

nyata dari sinergi kelembagaan dalam mendukung transformasi digital pendidikan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Nisa and A. N. Handayani, "Development of Virtual Laboratory-based Learning Media on Sensor and Actuator Device Elements," *Lect. J. Pendidik.*, vol. 16, no. 1, pp. 239–253, 2025.
- [2] S. Suryandari, K. Khairunnisa, and M. Destiara, "Need Analysis of Virtual Lab in The Implementation of Academic and MBKM Policies," *Muallimun J. Kaji. Pendidik. dan Kegur.*, vol. 3, no. 2, pp. 172–182, 2023.
- [3] I. M. Ahmad and F. Y. Habsyi, "Transformasi Pendidikan Ekonomi: Mengeksplorasi Manfaat, Tantangan, dan Implementasi Laboratorium Virtual," *J. Pendidik. dan Ekon.*, vol. 5, no. 2, pp. 96–102, 2024.
- [4] M. Destiara, Y. D. Ariyani, I. Ismanto, and R. Rusiyono, "Effectiveness of Virtual Laboratory Guidelines Based on Academic and Kampus Merdeka," in *1st Alma Ata International Conference on Education (AAICE 2023)*, Atlantis Press, 2025, pp. 126–135.
- [5] H. Hanine, N. Farajy, and A. Moumen, "Virtual Laboratories in STEM Education: A Scoping Literature Review on E-Learning Innovation," *Eng. Proc.*, vol. 112, no. 1, p. 17, 2025.
- [6] A. Yuliasrin, R. Vebrianto, M. Berlian, and M. Thahir, "Developing Media of Virtual Laboratory of Science: To Support as a Pioneer of Cyber-University," *Contemp. Educ. Technol.*, vol. 15, no. 2, 2023.
- [7] S. Yu, X. Jiang, and C. Zhong, "Pedagogical innovations and challenges in inquiry-based learning: a systematically informed narrative review of virtual laboratory applications (2020–2024)," *Humanit. Soc. Sci. Commun.*, 2026.
- [8] U. Kusmawan, "A virtual lab as a vehicle for active learning through distance education," *Int. J. Res. STEM Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 18–38, 2022.
- [9] H. Jusuf and L. S. Istiyowati, *Penelitian R&D dalam bidang teknologi pendidikan*. Indonesia Emas Group, 2023.
- [10] A. Bahri and R. D. Setyawan, "Digitalisasi manajemen sekolah: Sistem informasi penjadwalan dan monitoring kinerja guru berbasis multi-role di SDIT Alam Biruni," *Simtek J. Sist. Inf. dan Tek. Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 44–51, 2026.
- [11] G. Gintoro and E. C. Nugroho, "Evaluating maintainability metrics in microservices-based student registration systems," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 14, no. 6, pp. 4701–4712, 2025.
- [12] P. P. Juniartina, I. M. O. Riawan, K. Agustini, I. G. W. Sudhata, and A. A. A. W. Putra, "Virtual Lab dalam Pembelajaran IPA: Analisis Literatur Sistematis tentang Dampak Pembelajaran," *Wahana Mat. dan Sains J. Mat. Sains, dan Pembelajarannya*, vol. 19, no. 2, pp. 1–12, 2025.
- [13] V.-P. Dao, T.-L. Nguyen, V.-H. Bui, V.-H. Tran, P. N.-T. Phan, and M.-D. Nguyen, "Development of a laboratory-based learning model via digital platform environment," in *Frontiers in Education*, Frontiers Media SA, 2025, p. 1495724.