

Development of E-learning Based Mechatronics Learning Module for Distance Education

Pengembangan Modul Pembelajaran Mekatronika Berbasis *E-learning* untuk Pendidikan Jarak Jauh

Muhamad Riyan Maulana

Universitas Terbuka

Correspondence: mriyanmaulana620@gmail.com

Abstract

In the growing context of distance education, e-learning modules for mechatronics offer great potential to increase learning flexibility and effectiveness, but face challenges related to concept understanding, student motivation, and technical constraints. This study aims to evaluate the effectiveness of mechatronics-based e-learning modules in improving students' understanding of mechatronics concepts and to identify challenges and areas of improvement needed. Using a qualitative approach, the study involved in-depth interviews with 20 students over a four-month period as well as focus group discussions and document analysis. The data obtained was analysed thematically to reveal students' views and experiences. The findings show that e-learning modules that integrate multimedia elements such as animations and interactive simulations significantly improve students' understanding and motivate them through interactive elements. However, technical constraints such as unstable internet connection and device compatibility issues, as well as the need for additional support in self-directed learning, hindered the learning experience. Student feedback indicated the need for improvements to the module navigation and user guide. In conclusion, the e-learning module was effective in improving student understanding and motivation, but requires technical improvements and additional support to optimise its benefits in distance education.

Keywords: *E-learning Module, Mechatronics, Distance Education, Learning Module*

Abstrak

Dalam konteks pendidikan jarak jauh yang semakin berkembang, modul pembelajaran berbasis *e-learning* untuk mekatronika menawarkan potensi besar untuk meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas pembelajaran, namun menghadapi tantangan terkait pemahaman konsep, motivasi mahasiswa, dan kendala teknis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas modul *e-learning* berbasis mekatronika dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep mekatronika serta untuk mengidentifikasi tantangan dan area perbaikan yang diperlukan. Menggunakan pendekatan kualitatif, penelitian ini melibatkan wawancara mendalam dengan 20 mahasiswa selama periode empat bulan serta diskusi kelompok terfokus dan analisis dokumen. Data yang diperoleh dianalisis secara tematik untuk mengungkapkan pandangan dan pengalaman mahasiswa. Temuan menunjukkan bahwa modul *e-learning* yang mengintegrasikan elemen multimedia seperti animasi dan simulasi interaktif secara signifikan meningkatkan pemahaman mahasiswa dan memotivasi mereka melalui elemen interaktif. Namun, kendala teknis seperti koneksi internet yang tidak stabil dan masalah kompatibilitas perangkat, serta kebutuhan akan dukungan tambahan dalam pembelajaran mandiri, menghambat pengalaman belajar. Umpan balik mahasiswa menunjukkan perlunya perbaikan pada navigasi modul dan panduan penggunaan. Kesimpulannya, modul *e-learning* efektif dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi mahasiswa, tetapi memerlukan perbaikan teknis dan dukungan tambahan untuk mengoptimalkan manfaatnya dalam pendidikan jarak jauh.

Kata Kunci: Modul *E-learning*, Mekatronika, Pendidikan Jarak Jauh, Modul Pembelajaran

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Di era digital ini, pendidikan mengalami transformasi signifikan yang dipicu oleh integrasi teknologi informasi dan komunikasi dalam proses pembelajaran (Al-Rahmi et al., 2020; Sayaf et al., 2021). Teknologi telah membuka jalan bagi munculnya *e-learning*, yang menawarkan solusi pembelajaran inovatif yang dapat diakses dari berbagai lokasi dan waktu (Matthew et al., 2021; Phutela & Dwivedi, 2020). Menurut data UNESCO, pada tahun 2020, lebih dari 90% negara di seluruh dunia menerapkan pembelajaran jarak jauh berbasis teknologi untuk menjamin keberlangsungan pendidikan di tengah pandemi COVID-19 (UNESCO, 2020). Dalam konteks pendidikan teknik, khususnya mekatronika, kebutuhan akan pembelajaran jarak jauh semakin mendesak seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan fleksibilitas dan aksesibilitas (Jiménez López et al., 2022; Lantada, 2020; Welsen et al., 2020). Pendidikan teknik konvensional sering menghadapi tantangan seperti keterbatasan akses ke laboratorium fisik, keterbatasan waktu untuk eksperimen praktis, dan kesulitan mengakomodasi mahasiswa dari berbagai lokasi geografis. Mekatronika, sebagai bidang multidisiplin yang menggabungkan prinsip-prinsip mekanik, elektronik, dan informatika, memerlukan pendekatan pendidikan yang mampu mengakomodasi kompleksitas dan keragaman konten yang diajarkan (Mellal, 2022; Phan & Ngo, 2020; Schmidt et al., 2020). Penggunaan modul *e-learning* telah terbukti efektif, dengan penelitian menunjukkan peningkatan hasil belajar sebesar 20% dibandingkan metode konvensional (Bhat et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning* menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa pendidikan dapat diakses oleh semua kalangan, terutama mereka yang terhalang oleh batasan geografis dan waktu.

Perkembangan penerapan modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning* saat ini menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi pendidikan teknik (Raheem & Ibrahim, 2022; Wolf et al., 2022). Teknologi *e-learning* memungkinkan penciptaan modul pembelajaran yang interaktif dan dinamis, yang dapat mencakup berbagai elemen multimedia seperti video, animasi, dan simulasi (Abdulrahman et al., 2020; Blagoev et al., 2021). Elemen-elemen ini tidak hanya memfasilitasi pemahaman konseptual tetapi juga memungkinkan mahasiswa untuk berlatih keterampilan praktis dalam lingkungan virtual yang aman (Ouadoud et al., 2021). Sebagai contoh, simulasi perangkat mekatronika dalam modul *e-learning* dapat memberikan pengalaman praktis tanpa memerlukan fasilitas laboratorium fisik, yang sering kali terbatas dalam pendidikan jarak jauh (Bunse et al., 2022; Jayawardena et al., 2021). Namun, meskipun manfaatnya jelas, masih banyak institusi pendidikan yang menghadapi tantangan dalam mengadopsi teknologi ini secara efektif, terutama terkait dengan penyesuaian kurikulum dan pelatihan tenaga pengajar (Sundari, 2024; Turnbull et al., 2021).

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa penerapan *e-learning* dalam pendidikan teknik dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa, baik dalam aspek kognitif maupun afektif (Rizal et al., 2022). Hasil penelitian Rizal et al. (2022) tersebut menunjukkan bahwa komponen Konteks, Masukan, dan Proses dari *e-learning* dikategorikan sangat baik, sementara komponen Produk termasuk dalam kategori baik. Temuan ini didukung oleh data empiris, dengan nilai statistik $T > 1,96$ dan nilai $P < 0,05$. Studi yang dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa mahasiswa yang menggunakan *e-learning* menunjukkan peningkatan pemahaman dan motivasi belajar dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional (Wu et al., 2022; Yahiaoui et al., 2022). Misalnya, penelitian El-Sabagh (2021) menemukan bahwa penggunaan simulasi interaktif dalam modul *e-learning* meningkatkan hasil belajar siswa sebesar 20% dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode tradisional. Demikian pula, Supriyatno et al. (2020) melaporkan bahwa mahasiswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis *e-learning* lebih termotivasi dan menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis. Namun, sebagian besar penelitian ini berfokus pada analisis kuantitatif yang mengukur peningkatan skor tes dan hasil akademik. Aspek kualitatif yang mencakup pengalaman belajar mahasiswa, interaksi dengan konten digital, dan persepsi terhadap pembelajaran jarak jauh masih kurang dieksplorasi (Abuhassna & Alnawajha, 2023; Braun et al., 2020). Padahal, pemahaman yang mendalam tentang pengalaman subjektif mahasiswa sangat penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mendukung atau menghambat efektivitas *e-learning* (Elumalai et al., 2021).

Implikasi dari penerapan *e-learning* dalam pembelajaran mekatronika tidak hanya terbatas pada peningkatan hasil belajar akademik, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan abad ke-21 yang esensial, seperti kemampuan berpikir kritis, keterampilan digital, dan kemampuan berkolaborasi secara virtual. Dalam konteks ini, interpretasi data dari perspektif kualitatif menjadi sangat penting. Analisis mendalam tentang bagaimana mahasiswa berinteraksi dengan modul *e-learning*, tantangan yang mereka hadapi, dan dukungan yang diperlukan dapat memberikan wawasan yang lebih komprehensif tentang efektivitas pembelajaran. Misalnya, temuan awal dari wawancara mendalam dengan mahasiswa menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa merasa modul *e-learning* yang mengintegrasikan video tutorial dan simulasi interaktif lebih mudah dipahami dibandingkan dengan teks biasa. Namun, beberapa mahasiswa mengungkapkan tantangan seperti kesulitan dalam mengakses materi karena masalah koneksi internet dan kebutuhan akan panduan tambahan untuk memanfaatkan fitur interaktif sepenuhnya. Salah satu mahasiswa menyatakan, "Animasi dan simulasi membantu saya memahami konsep yang rumit, tetapi ketika internet lambat, saya kesulitan mengikuti pelajaran." Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun modul *e-learning* menawarkan keuntungan dalam hal fleksibilitas dan aksesibilitas, terdapat kebutuhan untuk memperbaiki infrastruktur teknis dan memberikan dukungan tambahan bagi mahasiswa untuk mengoptimalkan pengalaman belajarnya. Fokus penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi pengalaman mahasiswa dalam menggunakan modul *e-learning* untuk pembelajaran mekatronika, dan bagaimana modul ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan pengalaman dan hasil belajar.

Urgensi penelitian ini terletak pada meningkatnya kebutuhan untuk mengadaptasi pendidikan teknik ke dalam format pembelajaran yang lebih fleksibel dan terjangkau, mengingat perubahan dinamika global seperti pandemi COVID-19 yang telah memaksa banyak institusi pendidikan untuk beralih ke mode pembelajaran daring. Kebutuhan untuk menyediakan pendidikan yang berkualitas tinggi dan inklusif semakin mendesak, dan *e-learning* menawarkan solusi yang potensial untuk menjawab tantangan ini (Klašnja-Milićević & Ivanović, 2021). Namun, tanpa pemahaman yang mendalam tentang pengalaman pengguna dan faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas *e-learning*, implementasinya mungkin tidak maksimal.

Meski demikian, terdapat gap penelitian yang signifikan dalam pemahaman tentang pengalaman pembelajaran jarak jauh dalam konteks pendidikan teknik. Kurangnya data kualitatif yang mendalam tentang persepsi dan pengalaman mahasiswa menciptakan kebutuhan mendesak untuk penelitian yang fokus pada aspek-aspek tersebut (Lovrić et al., 2020). Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk menggali perspektif mahasiswa dan pengajar mengenai pengembangan dan penerapan modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan wawancara mendalam dan diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion*) untuk mengumpulkan data dari peserta yang terlibat langsung dalam penggunaan modul pembelajaran. Selain itu, analisis dokumen terhadap materi pembelajaran dan umpan balik pengguna juga dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh tentang efektivitas dan tantangan dalam penerapan *e-learning*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning* yang tidak hanya efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa, tetapi juga mampu meningkatkan keterlibatan dan motivasi mereka dalam proses pembelajaran. Dengan memfokuskan pada aspek kualitatif dari penerapan *e-learning*, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan strategi pendidikan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kebutuhan mahasiswa di era digital. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang mempengaruhi keberhasilan implementasi *e-learning* dalam pendidikan teknik, sehingga dapat memberikan rekomendasi praktis bagi institusi pendidikan dalam merancang dan mengimplementasikan program pembelajaran jarak jauh yang efektif.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan kualitatif yang bertujuan untuk menggali secara mendalam pengalaman, persepsi, dan interaksi mahasiswa dengan modul pembelajaran

mekatronika berbasis *e-learning*. Pendekatan kualitatif dipilih karena fokus penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang pengalaman subjektif dan persepsi mahasiswa terhadap penggunaan teknologi *e-learning* dalam pembelajaran mekatronika (Hussain et al., 2020). Selain itu, pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi faktor-faktor yang mendukung dan menghambat efektivitas pembelajaran dari perspektif pengguna langsung (Zhang et al., 2022).

Desain Penelitian

Desain penelitian ini berbentuk studi kasus eksploratif. Studi kasus dipilih untuk mendapatkan wawasan mendalam tentang konteks spesifik penerapan modul pembelajaran *e-learning* dalam program studi mekatronika di salah satu universitas yang menawarkan pendidikan jarak jauh. Studi ini berfokus pada satu kelompok mahasiswa yang terlibat dalam penggunaan modul *e-learning* selama satu semester akademik. Dengan menggunakan studi kasus, penelitian ini dapat mengidentifikasi berbagai faktor dan dinamika yang mempengaruhi interaksi mahasiswa dengan modul pembelajaran, yang mungkin tidak dapat diungkapkan melalui pendekatan kuantitatif.

Partisipan Penelitian

Partisipan dalam penelitian ini terdiri dari 30 mahasiswa yang mengikuti pembelajaran jarak jauh menggunakan modul *e-learning*. Pemilihan partisipan dilakukan secara *purposive sampling*, di mana mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini adalah mereka yang telah menggunakan modul *e-learning* dalam pembelajaran mereka selama minimal satu semester (Maulana et al., 2023). Kriteria pemilihan ini memastikan bahwa partisipan memiliki pengalaman yang cukup untuk memberikan wawasan yang berarti tentang penggunaan dan efektivitas modul *e-learning* (Maulana & Nurdiana, 2024; Nurdiana, Hasanah, et al., 2024).

Selain kriteria utama tersebut, beberapa kriteria tambahan diterapkan untuk meningkatkan validitas dan relevansi data yang dikumpulkan. *Pertama*, partisipan harus aktif dalam kegiatan akademik daring, termasuk menyelesaikan tugas dan berpartisipasi dalam ujian serta diskusi *online*, untuk memastikan bahwa mereka benar-benar terlibat dalam pembelajaran. *Kedua*, mahasiswa harus telah menyelesaikan setidaknya 70% dari materi yang disediakan dalam modul *e-learning*, sehingga data yang diperoleh mencerminkan pengalaman yang mendalam dan representatif dengan modul tersebut. *Ketiga*, partisipan dipilih dari berbagai latar belakang demografis dan program studi terkait mekatronika untuk mendapatkan pandangan yang komprehensif dan beragam tentang pengalaman mereka. *Terakhir*, ketersediaan untuk berpartisipasi dalam wawancara mendalam dan diskusi kelompok terfokus adalah syarat penting, memastikan bahwa partisipan dapat memberikan umpan balik yang rinci dan aktif terlibat dalam proses penelitian. Dengan menerapkan kriteria ini, peneliti bertujuan untuk mengumpulkan data yang kaya dan relevan yang akan memberikan pemahaman mendalam tentang efektivitas dan tantangan dalam penerapan modul *e-learning* untuk pendidikan jarak jauh.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa teknik utama: a) Wawancara mendalam dilakukan terhadap mahasiswa untuk mengumpulkan data tentang pengalaman, persepsi, dan tantangan yang dihadapi dalam penggunaan modul pembelajaran berbasis *e-learning* (Rizqi & Maulana, 2024). Proses seleksi partisipan dilakukan dengan metode *purposive sampling*, di mana mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini adalah mereka yang telah menggunakan modul *e-learning* dalam pembelajaran mereka selama minimal satu semester. Wawancara ini dirancang untuk mengeksplorasi pandangan mahasiswa mengenai interaksi dengan konten, kemudahan akses, dan pengaruh modul terhadap pemahaman materi (Nurdiana, Aprijani, et al., 2024). Setiap wawancara berlangsung selama 30-45 menit dan direkam dengan izin partisipan untuk keperluan transkripsi dan analisis lebih lanjut. Data wawancara yang ditranskripsi kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola, tema, dan insight terkait pengalaman dan tantangan mahasiswa dalam menggunakan modul *e-learning*; b) Diskusi Kelompok Terfokus (*Focus Group Discussion/FGD*) diadakan dengan kelompok kecil mahasiswa untuk mendorong diskusi terbuka dan interaktif mengenai penggunaan

modul *e-learning*. FGD dirancang untuk mengeksplorasi dinamika kelompok dan mendapatkan pandangan yang beragam dari mahasiswa. Diskusi ini juga memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tantangan dan rekomendasi untuk perbaikan modul dari perspektif mahasiswa; c) Penelitian ini juga melibatkan analisis dokumen terkait, seperti bahan ajar, panduan modul, dan umpan balik pengguna yang diberikan melalui platform *e-learning*. Analisis dokumen ini bertujuan untuk memahami bagaimana modul dikembangkan, struktur konten, dan fitur yang disediakan untuk mendukung pembelajaran.

Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan tahap persiapan, di mana peneliti mengembangkan panduan wawancara dan FGD berdasarkan tujuan penelitian. Setelah itu, partisipan dihubungi dan diinformasikan mengenai tujuan penelitian serta prosedur yang akan dijalani. Partisipan diminta untuk memberikan persetujuan tertulis sebagai tanda kesediaan mereka untuk terlibat dalam penelitian ini.

Pengumpulan data dilakukan selama tiga bulan. Wawancara mendalam dilakukan secara individual, sedangkan FGD dilakukan dalam kelompok kecil yang terdiri dari 5-7 mahasiswa. Data yang dikumpulkan dari wawancara dan FGD kemudian ditranskripsikan dan dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik. Analisis ini melibatkan pengkodean data untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dari data, serta mengidentifikasi pola dan hubungan antara tema-tema tersebut.

Validitas dan Reliabilitas

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas penelitian, peneliti menerapkan beberapa strategi utama. *Pertama*, triangulasi data digunakan untuk meningkatkan kredibilitas temuan dengan memanfaatkan berbagai sumber data, termasuk wawancara mendalam, diskusi kelompok terfokus (FGD), dan analisis dokumen. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan dan mengonfirmasi hasil dari berbagai teknik pengumpulan data, yang pada gilirannya menguatkan temuan dan mengurangi potensi bias.

Selain itu, peneliti menerapkan *member checking* sebagai strategi untuk memastikan validitas interpretasi. Dalam proses ini, peneliti mengonfirmasi temuan sementara dengan partisipan untuk memastikan bahwa interpretasi yang dilakukan sesuai dengan pengalaman dan pandangan mereka. *Member checking* dilakukan dengan melibatkan semua partisipan yang diwawancarai dan berpartisipasi dalam FGD. Partisipan diberikan kesempatan untuk meninjau temuan sementara dan memberikan umpan balik, yang membantu peneliti memastikan bahwa penafsiran data benar-benar mencerminkan perspektif mereka.

Untuk menjaga transparansi, peneliti mendokumentasikan setiap langkah dalam proses pengumpulan dan analisis data secara rinci. Ini mencakup pencatatan prosedur wawancara, diskusi, dan analisis dokumen, serta proses transkripsi dan analisis tematik. Dokumentasi ini memastikan bahwa setiap langkah penelitian dapat ditelusuri dan diperiksa, meningkatkan keandalan dan akurasi hasil penelitian.

Etika Penelitian

Penelitian ini mematuhi prinsip-prinsip etika penelitian dengan menjaga kerahasiaan dan privasi partisipan secara ketat. Sebelum partisipasi dalam penelitian, semua partisipan diberikan informasi lengkap mengenai tujuan penelitian, prosedur, dan hak-hak mereka melalui formulir persetujuan yang jelas. Formulir ini menekankan bahwa informasi pribadi mereka akan dilindungi dan bahwa hasil penelitian akan dilaporkan secara anonim, tanpa mencantumkan identitas individu. Selain itu, partisipan diberi kebebasan untuk menarik diri dari penelitian kapan saja tanpa mengalami konsekuensi negatif, dan keputusan tersebut dihormati sepenuhnya.

Selama pelaksanaan penelitian, semua data dikumpulkan dan disimpan dengan kode identifikasi untuk memastikan bahwa informasi pribadi partisipan tetap terlindungi. Peneliti juga melakukan *member checking* dengan partisipan untuk memastikan bahwa interpretasi data yang dilakukan akurat dan sesuai dengan pandangan mereka. Dalam proses ini, tidak ada partisipan yang menarik diri dari penelitian. Namun, peneliti siap untuk mengakomodasi keputusan partisipan jika ada yang memilih untuk mundur di

masa depan. Dengan pendekatan kualitatif yang komprehensif ini, penelitian bertujuan memberikan wawasan mendalam mengenai pengalaman mahasiswa dan pengajar dalam menggunakan modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning*. Penelitian ini juga berfokus pada mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang mempengaruhi efektivitas dan keberhasilan penerapan *e-learning* dalam pendidikan jarak jauh, sambil memastikan bahwa prinsip-prinsip etika penelitian diterapkan secara konsisten.

PEMBAHASAN

Peningkatan Pemahaman Konsep Mekatronika

Temuan ini menunjukkan bahwa elemen multimedia dalam modul *e-learning* memainkan peran penting dalam memfasilitasi pemahaman mahasiswa tentang konsep mekatronika yang kompleks. Berbagai jenis elemen multimedia, seperti animasi, video, dan simulasi interaktif, terbukti sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Animasi dinamis, misalnya, memungkinkan mahasiswa untuk melihat proses mekanik secara real-time, seperti bagaimana sistem penggerak berfungsi dalam mesin, yang sulit diperlihatkan melalui teks atau gambar statis. Simulasi interaktif memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk melakukan eksperimen virtual, seperti merakit komponen mekatronika atau menguji konfigurasi sistem, yang membantu mereka mengaplikasikan teori dalam konteks praktis. Video demonstrasi, di sisi lain, menunjukkan aplikasi nyata dari prinsip-prinsip mekatronika, seperti pengoperasian robot industri, yang memperjelas bagaimana teori diterapkan dalam praktik.

Contoh spesifik dari konsep mekatronika yang dipahami lebih baik berkat elemen multimedia termasuk pemahaman tentang sistem kontrol otomatis dan interaksi antara sensor dan aktuator. Simulasi interaktif yang menggambarkan kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana parameter kontrol mempengaruhi kinerja sistem, sementara animasi yang menunjukkan proses kalibrasi sensor membantu mahasiswa memahami pentingnya akurasi dalam pengukuran. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa visualisasi dan simulasi dapat memperbaiki pemahaman konseptual dan keterampilan praktis (Becker et al., 2020; Schwedler & Kaldewey, 2020). Visualisasi dinamis memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi hubungan antar komponen dan proses dalam sistem mekatronika secara lebih mendalam (Idrissov et al., 2021; van Duijsen, 2022).

Fleksibilitas dan Aksesibilitas Pembelajaran

Fleksibilitas yang ditawarkan oleh *e-learning* memungkinkan mahasiswa untuk belajar sesuai jadwal mereka, yang sangat penting dalam konteks pendidikan jarak jauh. Penelitian ini menegaskan bahwa aksesibilitas yang diberikan oleh modul *e-learning* mendukung keseimbangan antara pendidikan dan komitmen lainnya, yang merupakan faktor krusial dalam keberhasilan pembelajaran jarak jauh (Mwaniki et al., 2020; Priatna et al., 2020). Sebagai contoh nyata, mahasiswa A, yang bekerja paruh waktu sebagai asisten laboratorium, mampu menyelesaikan tugas-tugas akademik dan mengikuti kuliah secara daring pada malam hari setelah bekerja. Fleksibilitas ini memungkinkan mahasiswa A untuk menyelaraskan jadwal belajar dengan pekerjaan dan tanggung jawab pribadi, sehingga tidak mengganggu kinerja akademik atau pekerjaan. Begitu pula, mahasiswa B yang memiliki tanggung jawab keluarga, seperti merawat anak, melaporkan bahwa modul *e-learning* memungkinkan mereka untuk mengakses materi pembelajaran dan menyelesaikan tugas pada waktu yang paling sesuai dengan jadwal keluarga mereka. Fleksibilitas ini meningkatkan konsistensi dan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran, sehingga mereka dapat memaksimalkan waktu yang tersedia untuk studi tanpa merasa terbebani oleh waktu yang kaku (Tseng et al., 2020; Turan et al., 2022).

Motivasi dan Keterlibatan Mahasiswa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa elemen gamifikasi dan interaktif dalam modul *e-learning* efektif dalam meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa. Penelitian sebelumnya juga mengkonfirmasi bahwa gamifikasi dapat meningkatkan minat dan partisipasi mahasiswa dalam pembelajaran (Chans & Portuguese Castro, 2021; Mee et al., 2021). Namun, penting untuk memastikan bahwa

elemen gamifikasi tidak mengalihkan perhatian dari tujuan pembelajaran utama. Gamifikasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga mendukung pencapaian tujuan akademik dan tidak hanya fokus pada hiburan semata (Alzahrani & Alhalafawy, 2023; Khaldi et al., 2023; Saleem et al., 2022).

Tabel 1. Statistik Keterlibatan Mahasiswa dalam Forum Diskusi dan Tugas Interaktif

Jenis Keterlibatan	Sebelum (Skor/ <i>Average</i>)	Setelah (Skor/ <i>Average</i>)	Peningkatan (%)
Forum Diskusi	40%	70%	30%
Tugas Interaktif	35%	65%	30%

Tantangan Teknis dan Kendala Pembelajaran

Tabel 2. Frekuensi Masalah Teknis yang Dilaporkan oleh Mahasiswa

Masalah Teknis	Jumlah Laporan	Persentase (%)
Keterbatasan Akses Internet	10	33.3%
Perangkat Tidak Kompatibel	8	26.7%
Masalah Akses <i>Platform</i>	7	23.3%
Lainnya	5	16.7%

Masalah teknis yang dilaporkan oleh mahasiswa menunjukkan perlunya perencanaan yang cermat dalam desain dan implementasi modul *e-learning*. Penelitian ini menyoroti kebutuhan akan dukungan teknis yang memadai, serta pentingnya memastikan bahwa semua mahasiswa memiliki akses yang sama terhadap teknologi yang diperlukan (Ahmed & Opoku, 2022; Alzahrani & Alhalafawy, 2023). Kendala teknis seperti koneksi internet yang tidak stabil dan perangkat yang tidak kompatibel dapat menghambat efektivitas pembelajaran. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa solusi potensial dapat diterapkan. *Pertama*, institusi pendidikan dapat menyediakan materi pembelajaran dalam format yang dapat diakses *offline*, seperti modul yang dapat diunduh dan diakses tanpa koneksi internet. *Kedua*, menawarkan dukungan teknis yang mudah diakses, seperti *helpdesk* atau forum bantuan teknis, dapat membantu mahasiswa mengatasi masalah teknis yang mereka hadapi. Selain itu, pelatihan awal mengenai penggunaan platform *e-learning* dan teknologi yang diperlukan dapat mengurangi kebingungan dan masalah teknis. Misalnya, program orientasi digital yang melatih mahasiswa mengenai cara menggunakan fitur-fitur *platform e-learning* dan cara memecahkan masalah teknis dasar dapat meningkatkan kesiapan mahasiswa. *Terakhir*, pengembangan modul *e-learning* yang responsif dan kompatibel dengan berbagai perangkat dan ukuran layar dapat meningkatkan aksesibilitas dan pengalaman belajar mahasiswa. Dengan menerapkan *best practices* ini, institusi dapat meminimalkan kendala teknis dan memastikan bahwa semua mahasiswa dapat mengakses dan memanfaatkan modul *e-learning* secara efektif.

Pengaruh Modul terhadap Keterampilan Praktis

Temuan ini menunjukkan bahwa modul *e-learning* juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan praktis mahasiswa. Simulasi interaktif memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan teori dalam konteks praktis, yang memperkuat keterampilan desain dan analisis mereka. Penelitian ini menambahkan dimensi baru dalam literatur yang ada dengan menunjukkan bahwa *e-learning* tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual tetapi juga keterampilan praktis yang penting dalam bidang teknik.

Feedback dan Peningkatan Modul

Umpan balik dari mahasiswa memberikan wawasan penting tentang area yang perlu diperbaiki dalam modul *e-learning*. Berdasarkan data yang dikumpulkan, mahasiswa mengidentifikasi beberapa aspek yang membutuhkan perhatian, termasuk kebutuhan akan tutorial tambahan, panduan penggunaan yang lebih jelas, dan peningkatan navigasi modul. Sebagai contoh, mahasiswa melaporkan bahwa beberapa fitur dalam modul *e-learning* tidak intuitif, dan mereka kesulitan dalam menemukan informasi yang dibutuhkan, yang menunjukkan perlunya perbaikan pada struktur navigasi dan tata letak antarmuka pengguna.

Tabel 3. Umpan Balik Mahasiswa dan Rekomendasi Perbaikan Modul

Area Perbaikan	Jumlah Umpan Balik	Persentase (%)
Tutorial Tambahan	12	40%
Panduan Penggunaan yang Jelas	10	33.3%
Peningkatan Navigasi Modul	6	20%
Fitur Bantuan Tambahan	2	6.7%

Untuk mengatasi umpan balik ini, beberapa langkah perbaikan telah diimplementasikan. Tutorial tambahan disediakan dalam bentuk video dan panduan langkah-demi-langkah yang menjelaskan cara menggunakan fitur-fitur penting dari modul *e-learning*. Panduan penggunaan yang lebih jelas juga telah diperbarui dan disempurnakan untuk memberikan instruksi yang lebih rinci tentang bagaimana mengakses dan memanfaatkan berbagai komponen modul. Selain itu, navigasi modul telah diperbaiki dengan memperkenalkan menu yang lebih mudah diakses dan sistem pencarian yang lebih efisien. Perubahan ini dirancang untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan memudahkan mahasiswa dalam menavigasi materi pembelajaran. Proses perbaikan ini mencerminkan pentingnya mengintegrasikan umpan balik pengguna secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa modul *e-learning* tetap relevan dan efektif dalam memenuhi kebutuhan pembelajaran mahasiswa.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa modul pembelajaran mekatronika berbasis *e-learning* secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi mahasiswa melalui integrasi elemen multimedia, seperti animasi dan simulasi interaktif, yang mendukung proses belajar yang lebih fleksibel dan menarik. Namun, tantangan teknis seperti masalah koneksi internet dan kompatibilitas perangkat, serta kebutuhan akan dukungan tambahan dalam pembelajaran mandiri, menghambat pengalaman belajar mahasiswa. Untuk mengatasi masalah ini, disarankan agar pengembangan modul *e-learning* di masa depan meliputi beberapa langkah konkret, seperti peningkatan dukungan teknis dengan pengembangan aplikasi yang responsif dan ringan, penyediaan tutorial interaktif dan panduan penggunaan yang jelas, serta pengembangan fitur dukungan langsung seperti chat live atau forum diskusi terintegrasi. Selain itu, pengoptimalan navigasi dan antarmuka pengguna perlu dilakukan dengan memperkenalkan menu yang lebih intuitif dan sistem pencarian yang efisien. Penelitian lanjutan dapat fokus pada evaluasi dampak fitur tambahan seperti bimbingan virtual dan teknologi adaptif terhadap hasil belajar dan keterlibatan mahasiswa, serta mengkaji penerapan modul *e-learning* di berbagai konteks dan disiplin ilmu untuk memahami adaptasi dan efektivitasnya. Studi lebih lanjut juga bisa mengeksplorasi penggunaan teknologi baru seperti kecerdasan buatan (AI) dan realitas virtual (VR) untuk meningkatkan pengalaman belajar *e-learning*, sehingga pengembangan modul *e-learning* dapat lebih baik memenuhi kebutuhan mahasiswa dan meningkatkan efektivitas pendidikan jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. *Heliyon*, 6(11), e05312. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05312>
- Abuhassna, H., & Alnawajha, S. (2023). The Transactional Distance Theory and Distance Learning Contexts: Theory Integration, Research Gaps, and Future Agenda. *Education Sciences*, 13(2), 112. <https://doi.org/10.3390/educsci13020112>
- Ahmed, V., & Opoku, A. (2022). Technology supported learning and pedagogy in times of crisis: the case of COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*, 27(1), 365–405. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10706-w>
- Al-Rahmi, W. M., Alzahrani, A. I., Yahaya, N., Alalwan, N., & Kamin, Y. Bin. (2020). Digital Communication: Information and Communication Technology (ICT) Usage for Education Sustainability. *Sustainability*, 12(12), 5052. <https://doi.org/10.3390/su12125052>

- Alzahrani, F. K., & Alhalafawy, W. S. (2023). Gamification for Learning Sustainability in the Blackboard System: Motivators and Obstacles from Faculty Members' Perspectives. *Sustainability*, 15(5), 4613. <https://doi.org/10.3390/su15054613>
- Becker, S., Klein, P., Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Investigating Dynamic Visualizations of Multiple Representations Using Mobile Video Analysis in Physics Lessons. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 26(1), 123–142. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00116-9>
- Bhat, G. M., Bhat, I. H., Shahdad, S., Rashid, S., Khan, M. A., & Patloo, A. A. (2022). Analysis of Feasibility and Acceptability of an E-Learning Module in Anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 15(2), 376–391. <https://doi.org/10.1002/ase.2096>
- Blagoev, I., Vassileva, G., & Monov, V. (2021). A Model for *e-learning* Based on the Knowledge of Learners. *Cybernetics and Information Technologies*, 21(2), 121–135. <https://doi.org/10.2478/cait-2021-0023>
- Braun, S., Davitti, E., & Slater, C. (2020). 'It's like being in bubbles': affordances and challenges of virtual learning environments for collaborative learning in interpreter education. *The Interpreter and Translator Trainer*, 14(3), 259–278. <https://doi.org/10.1080/1750399X.2020.1800362>
- Bunse, C., Kennes, L., & Kuhr, J.-C. (2022). On using distance labs for engineering education. *Proceedings of the 4th International Workshop on Software Engineering Education for the Next Generation*, 5–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3528231.3528355>
- Chans, G. M., & Portuguese Castro, M. (2021). Gamification as a strategy to increase motivation and engagement in higher education chemistry students. *Computers*, 10(10), 132. <https://doi.org/10.3390/computers10100132>
- El-Sabagh, H. A. (2021). Adaptive *e-learning* environment based on learning styles and its impact on development students' engagement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00289-4>
- Elumalai, K. V., Sankar, J. P., Kalaiichelvi, R., John, J. A., Menon, N., Alqahtani, M. S. M., & Abumelha, M. A. (2021). Factors affecting the quality of *e-learning* during the COVID-19 pandemic from the perspective of higher education students. *COVID-19 and Education: Learning and Teaching in a Pandemic-Constrained Environment*, 189(3), 169.
- Hussain, S., Jamwal, P. K., Munir, M. T., & Zuyeva, A. (2020). A quasi-qualitative analysis of flipped classroom implementation in an engineering course: from theory to practice. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00222-1>
- Idrissov, A., Rapp, S., Albers, A., & Maier, A. M. (2021). Developing systems visualisations in design through a typology of visual tasks: a mechatronic case. *Proceedings of the Design Society*, 1, 1213–1222.
- Jayawardena, A., Kahandawa, G., & Petty, M. (2021). *E-learning* challenges for electronics and mechatronics education during lockdowns. *2021 IEEE 8th International Conference on E-learning in Industrial Electronics (ICELIE)*, 1–6.
- Jiménez López, E., Cuenca Jiménez, F., Luna Sandoval, G., Ochoa Estrella, F. J., Maciel Monteón, M. A., Muñoz, F., & Limón Leyva, P. A. (2022). Technical Considerations for the Conformation of Specific Competences in Mechatronic Engineers in the Context of Industry 4.0 and 5.0. *Processes*, 10(8), 1445. <https://doi.org/10.3390/pr10081445>
- Khalidi, A., Bouzidi, R., & Nader, F. (2023). Gamification of *e-learning* in higher education: a systematic literature review. *Smart Learning Environments*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00227-z>
- Klašnja-Miličević, A., & Ivanović, M. (2021). *E-learning* personalization systems and sustainable education. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 12, p. 6713). MDPI.
- Lantada, A. D. (2020). Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 36(6), 1814–1832.
- Lovrić, R., Farčić, N., Mikšić, Š., & Včev, A. (2020). Studying during the COVID-19 pandemic: A qualitative inductive content analysis of nursing students' perceptions and experiences. *Education Sciences*, 10(7), 188.
- Matthew, U. O., Kazaure, J. S., & Okafor, N. U. (2021). Contemporary development in *E-learning* education, cloud computing technology & internet of things. *EAI Endorsed Transactions on Cloud Systems*, 7(20), e3–e3.

- Maulana, M. R., & Nurdiana, D. (2024). Pengukuran Kebergunaan dan Pengalaman Pengguna Website Sistem Informasi Akademik Universitas Terbuka (SIA UT) Menggunakan Metode System Usability Scale (SUS) dan User Experience Questionnaire (UEQ). *Journal of Informatics and Communications Technology*, 1(17), 1–17. https://doi.org/10.52661/j_ict.v6i1.325
- Maulana, M. R., Utama, M. R. P. A., & Nurdiana, D. (2023). Uji Usability dan User Experience Website Sistem Informasi Akademik Universitas Terbuka (SIA UT) Berdasarkan Perspektif Mahasiswa Menggunakan Metode USE Questionnaire dan Cognitive Walkthrough. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Aplikasi*, 6(4), 713–729. <https://doi.org/10.32493/jtsi.v6i3.34189>
- Mee, R. W. M., Pek, L. S., Von, W. Y., Ghani, K. A., Shahdan, T. S. T., Ismail, M. R., & Rao, Y. S. (2021). A Conceptual Model of Analogue Gamification to Enhance Learners' Motivation and Attitude. *International Journal of Language Education*, 5(2), 40–50.
- Mellal, M. A. (2022). *Trends, Paradigms, and Advances in Mechatronics Engineering*. IGI Global.
- Mwaniki, E., Ileri, A., Chege, F., & Njihia, M. (2020). Obstacles to successful uptake of open distance and E-learning (ODEL) programmes: A case of Kenyatta University, Kenya. *African Multidisciplinary Journal of Research*.
- Nurdiana, D., Aprijani, D. A., Amastini, F., Maulana, M. R., & Utama, M. R. P. A. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Pengelolaan Pembimbing Lapangan Praktik Kerja Lapangan (PKL) Prodi Sistem Informasi Universitas Terbuka. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(2), 418–436. <https://doi.org/10.51454/decode.v4i2.433>
- Nurdiana, D., Hasanah, S. H., & Maulana, M. R. (2024). College students' perceptions toward usability of simulator application as a form of virtual experiment at the distance learning. *International Journal of Global Operations Research*, 5(1), 22–29. <https://doi.org/10.47194/ijgor.v5i1.269>
- Ouadoud, M., Rida, N., & Chafiq, T. (2021). Overview of E-learning Platforms for Teaching and Learning. *Int. J. Recent Contributions Eng. Sci. IT*, 9(1), 50–70.
- Phan, M.-H., & Ngo, H. Q. T. (2020). A multidisciplinary mechatronics program: From project-based learning to a community-based approach on an open platform. *Electronics*, 9(6), 954.
- Phutela, N., & Dwivedi, S. (2020). A qualitative study of students' perspective on e-learning adoption in India. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 12(4), 545–559. <https://doi.org/10.1108/JARHE-02-2019-0041>
- Priatna, T., Maylawati, D., Sugilar, H., & Ramdhani, M. (2020). Key success factors of e-learning implementation in higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(17), 101–114.
- Raheem, S. A., & Ibrahim, A. A. (2022). Effects of CLEM cloud based E-learning management system for teaching and learning process in mechatronics. *Optik*, 271, 170048. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.170048>
- Rizal, F., Hidayat, H., Jaya, P., Waskito, W., Masdi, H., & Verawardina, U. (2022). Lack e-learning effectiveness: An analysis evaluating e-learning in engineering education. *International Journal of Instruction*, 15(4), 197–220.
- Rizqi, M. A., & Maulana, M. R. (2024). User-Friendly sebagai Pilar Utama Kesuksesan Game Mobile Legends di Indonesia User-Friendly as the Main Pillar of Success Mobile Legends Game in Indonesia. 1(2), 1–6.
- Saleem, A. N., Noori, N. M., & Ozdamli, F. (2022). Gamification applications in E-learning: A literature review. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(1), 139–159.
- Sayaf, A. M., Alamri, M. M., Alqahtani, M. A., & Al-Rahmi, W. M. (2021). Information and communications technology used in higher education: An empirical study on digital learning as sustainability. *Sustainability*, 13(13), 7074.
- Schmidt, R. M., Schitter, G., & Rankers, A. (2020). *The design of high performance mechatronics-: high-Tech functionality by multidisciplinary system integration*. Ios Press.
- Schwedler, S., & Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: how voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students' conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1132–1147. <https://doi.org/10.1039/C9RP00211A>

- Sundari, E. (2024). Transformasi Pembelajaran Di Era Digital: Mengintegrasikan Teknologi Dalam Pendidikan Modern. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 4(5), 25–35.
- Supriyatno, T., Susilawati, S., & Hassan, A. (2020). *E-learning* development in improving students' critical thinking ability. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(5), 1099–1106.
- Tseng, H., Kuo, Y.-C., & Walsh, E. J. (2020). Exploring first-time online undergraduate and graduate students' growth mindsets and flexible thinking and their relations to online learning engagement. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2285–2303. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09774-5>
- Turan, Z., Kucuk, S., & Cilligol Karabey, S. (2022). The university students' self-regulated effort, flexibility and satisfaction in distance education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00342-w>
- Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2021). Transitioning to *E-learning* during the COVID-19 pandemic: How have Higher Education Institutions responded to the challenge? *Education and Information Technologies*, 26(5), 6401–6419. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10633-w>
- UNESCO. (2020). *Rangkuman laporan pemantauan pendidikan global, 2020: Inklusi dan pendidikan: semua berarti semua*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373721_ind
- van Duijzen, P. J. (2022). Education and Simulation for Electric and Mechatronic Systems in Renewable Energy. In *EcoMechatronics* (pp. 307–327). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07555-1_18
- Welsen, S., Morgan, P., & Walker, J. (2020). Flexible Learning During Educational Disruption: A Case Study of Teaching Integrated Circuits Design. *2020 IFEEES World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC49885.2020.9293628>
- Wolf, M., Siewert, J. L., Trentsios, P., & Gerhard, D. (2022). Practical Digital Engineering Education: Integration of Multiple Innovative Technologies in One Smart Factory Example. In *Learning with Technologies and Technologies in Learning: Experience, Trends and Challenges in Higher Education* (pp. 237–256). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04286-7_12
- Wu, I.-L., Hsieh, P.-J., & Wu, S.-M. (2022). Developing effective *e-learning* environments through *e-learning* use mediating technology affordance and constructivist learning aspects for performance impacts: Moderator of learner involvement. *The Internet and Higher Education*, 55, 100871. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2022.100871>
- Yahiaoui, F., Aichouche, R., Chergui, K., Brika, S. K. M., Almezher, M., Musa, A. A., & Lamari, I. A. (2022). The Impact of *e-learning* Systems on Motivating Students and Enhancing Their Outcomes During COVID-19: A Mixed-Method Approach. *Frontiers in Psychology*, 13, 874181. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.874181>
- Zhang, Z., Cao, T., Shu, J., & Liu, H. (2022). Identifying key factors affecting college students' adoption of the *e-learning* system in mandatory blended learning environments. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1388–1401. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1723113>