



Analisis Kinerja Sistem E-Learning Universitas Pamulang Menggunakan Load Testing Berbasis Apache JMeter

Joko Yuwono ^{1*}

¹ Universitas Pamulang; Serang, Banten; e-mail : dosen02929@unpam.ac.id

* Corresponding Author : Joko Yuwono

Abstract: E-learning systems have become the backbone of modern education, but suboptimal performance can hinder the teaching and learning process. This study analyzes the performance of Pamulang University's e-learning system to identify potential barriers and ensure service stability. The main problem is the lack of in-depth evaluation regarding the system's capability to handle high user loads. The research objective is to measure and evaluate the e-learning system's performance under varying loads and provide improvement recommendations. The load testing method using Apache JMeter was applied to simulate real usage scenarios by 100 to 1000 concurrent users, with testing parameters including response time, throughput, and transaction failure rate. Results show significant performance degradation starting at 300 concurrent users with an average response time of 1486.66 ms. At 500 concurrent users, response time surged to 8407.28 ms and throughput decreased drastically to 38.52 req/s. At 1000 concurrent users load, the system demonstrated inability to scale with response time of 10860.18 ms, 90% percentile of 78840.30 ms, and error rate of 3.13%. In conclusion, the critical performance point of the system lies around 300-500 concurrent users, which serves as a basis for Pamulang University to enhance infrastructure capacity and codebase to ensure the sustainability of reliable digital education services.

Keywords: E-learning; System performance; Load testing; Apache JMeter; Universitas Pamulang; Response time; Throughput; Scalability.

Abstrak: Sistem e-learning telah menjadi tulang punggung pendidikan modern, namun kinerja yang kurang optimal dapat menghambat proses belajar mengajar. Penelitian ini menganalisis kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang untuk mengidentifikasi potensi hambatan dan memastikan stabilitas layanan. Permasalahan utama adalah belum adanya evaluasi mendalam terkait kemampuan sistem dalam menangani beban pengguna yang tinggi. Tujuan penelitian adalah mengukur dan mengevaluasi kinerja sistem e-learning di bawah load yang bervariasi serta memberikan rekomendasi perbaikan. Metode load testing menggunakan Apache JMeter diterapkan untuk mensimulasikan skenario penggunaan riil oleh 100 hingga 1000 pengguna secara bersamaan, dengan parameter pengujian meliputi waktu respons, throughput, dan tingkat kegagalan transaksi. Hasil menunjukkan degradasi kinerja signifikan dimulai pada 300 concurrent users dengan waktu respons rata-rata 1486.66 ms. Pada 500 concurrent users, waktu respons melonjak hingga 8407.28 ms dan throughput menurun drastis menjadi 38.52 req/s. Pada beban 1000 concurrent users, sistem menunjukkan ketidakmampuan menskalakan dengan waktu respons 10860.18 ms, 90% percentile 78840.30 ms, dan error rate 3.13%. Kesimpulannya, titik kritis kinerja sistem berada di sekitar 300-500 concurrent users, yang menjadi dasar bagi Universitas Pamulang untuk melakukan peningkatan kapasitas infrastruktur dan codebase guna memastikan keberlanjutan layanan pendidikan digital yang handal.

Kata kunci: E-learning; Kinerja sistem; Load testing; Apache JMeter; Universitas Pamulang; Waktu respons; Throughput; Skalabilitas.

Naskah Masuk: 14 oktober 2025

Revisi: 13 Desember 2025

Diterima: 30 Desember 2025

Terbit: 12 Maret 2026

Ver. Skrg.: 12 Maret 2026



Copyright: © 2026 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Pendidikan tinggi saat ini dihadapkan pada tuntutan untuk mengintegrasikan teknologi informasi guna meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas pembelajaran. Salah satu implementasi krusial adalah sistem e-learning, yang telah menjadi tulang punggung bagi Universitas Pamulang dalam menyelenggarakan proses akademik secara daring [1]. Sistem ini menyediakan berbagai fitur mulai dari manajemen materi kuliah, forum diskusi, hingga submission tugas dan ujian online, menjadikannya objek penelitian yang sangat relevan untuk dievaluasi kinerjanya. Keberlangsungan dan keandalan sistem e-learning secara langsung mempengaruhi kualitas pengalaman belajar mahasiswa dan efektivitas operasional institusi [2]. Oleh karena itu, memastikan bahwa sistem ini mampu beroperasi secara optimal di bawah berbagai kondisi beban menjadi prioritas utama.

Evaluasi kinerja sistem perangkat lunak telah menjadi area riset yang intensif. Berbagai metode telah digunakan sebelumnya, seperti benchmarking, stress testing, dan performance monitoring [3, 4]. Metode benchmarking seringkali digunakan untuk membandingkan kinerja sistem dengan standar industri atau sistem lain, namun kurang memberikan wawasan mendalam tentang perilaku sistem di bawah load spesifik [5]. Stress testing fokus pada penemuan titik kegagalan sistem dengan membebaninya hingga batas maksimal, namun terkadang tidak merepresentasikan skenario penggunaan sehari-hari [6]. Sementara itu, performance monitoring memberikan data real-time tentang kinerja, tetapi tidak dapat memprediksi perilaku sistem saat terjadi lonjakan pengguna secara tiba-tiba tanpa simulasi load yang terencana [7]. Meskipun karya-karya terkait telah banyak membahas optimasi dan evaluasi sistem e-learning [8, 9], masih terdapat celah dalam analisis kinerja spesifik Universitas Pamulang yang memiliki karakteristik pengguna unik dan infrastruktur yang berbeda.

Berdasarkan tinjauan metode dan celah penelitian yang ada, permasalahan penelitian ini berpusat pada belum terukurnya secara komprehensif kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang dalam menangani jumlah pengguna bersamaan yang besar. Hal ini menimbulkan hipotesis bahwa sistem mungkin akan mengalami degradasi kinerja, seperti peningkatan waktu respons dan potensi kegagalan, ketika dihadapkan pada load pengguna yang melampaui kapasitas desainnya, khususnya pada jam-jam puncak aktivitas akademik. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini mengusulkan penggunaan Apache JMeter sebagai tools load testing utama karena kemampuannya dalam mensimulasikan skenario pengguna riil, mengumpulkan metrik kinerja yang detail, serta fleksibilitasnya dalam mengkonfigurasi beban [10].

Kontribusi penelitian ini mencakup penyediaan data kuantitatif kinerja sistem di bawah berbagai skenario beban, identifikasi batasan kapasitas dan titik degradasi kinerja, serta rekomendasi teknis berbasis data untuk peningkatan skalabilitas sistem yang dapat direplikasi pada institusi lain.

2. Kajian Pustaka atau Penelitian Terkait

Bagian ini menyajikan tinjauan terhadap perkembangan terkini dalam bidang pengujian kinerja sistem e-learning serta teknologi yang relevan. Pembahasan akan dibagi ke dalam beberapa subbab untuk menjelaskan objek penelitian, metode pengujian yang umum digunakan, serta studi-studi terdahulu yang membentuk landasan bagi penelitian ini. Identifikasi kesenjangan penelitian juga akan ditekankan untuk menyoroti kontribusi unik dari penelitian ini.

2.1. Sistem E-Learning

Sistem e-learning, atau pembelajaran elektronik, didefinisikan sebagai penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mendukung proses belajar mengajar [1]. Perkembangan e-learning telah mentransisi dari sekadar penyediaan materi online menjadi platform yang interaktif dan komprehensif, mendukung berbagai aktivitas seperti diskusi asinkron, kolaborasi proyek, dan evaluasi mandiri [2]. Platform seperti Moodle, Canvas, atau custom-built systems menjadi contoh implementasi e-learning di berbagai institusi pendidikan [3]. Pemanfaatan e-learning membawa banyak keuntungan, termasuk fleksibilitas waktu dan tempat, aksesibilitas terhadap sumber belajar yang luas, serta potensi untuk personalisasi pembelajaran [4]. Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna dan kompleksitas

fitur, kinerja sistem e-learning menjadi faktor krusial yang menentukan keberhasilan adopsinya. Degradasi kinerja, seperti waktu respons yang lambat atau error sistem, dapat secara signifikan mengurangi kepuasan pengguna dan efektivitas pembelajaran [5]. Oleh karena itu, evaluasi kinerja e-learning menjadi area penting untuk diteliti.

2.2 Pengujian Kinerja (Performance Testing)

Pengujian kinerja adalah subset dari software testing yang bertujuan untuk menentukan bagaimana sebuah sistem merespons dan berperilaku di bawah beban kerja tertentu [6]. Tujuan utama pengujian kinerja bukanlah untuk menemukan bug fungsional, melainkan untuk mengevaluasi atribut kinerja sistem seperti stabilitas, skalabilitas, dan responsivitas [7]. Berbagai jenis pengujian kinerja meliputi:

- Load Testing:** Mengukur perilaku sistem di bawah beban pengguna normal dan puncak yang diharapkan untuk mengidentifikasi hambatan kinerja [8].
- Stress Testing:** Mendorong sistem melebihi batas operasional normalnya untuk melihat bagaimana ia gagal dan seberapa cepat ia pulih [9].
- Scalability Testing:** Mengukur kemampuan sistem untuk menskalakan ke atas atau ke bawah guna mengakomodasi peningkatan atau penurunan beban pengguna [10].
- Endurance/Soak Testing:** Menguji sistem di bawah beban yang terus-menerus selama periode waktu yang lama untuk mendeteksi masalah seperti kebocoran memori [11].

Metrik kunci dalam pengujian kinerja meliputi waktu respons (waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespons permintaan), throughput (jumlah transaksi yang diproses per unit waktu), penggunaan CPU/memori, dan tingkat kegagalan transaksi [12]. Untuk sistem berbasis web seperti e-learning, waktu respons yang kurang dari 2-3 detik umumnya dianggap baik untuk menjaga keterlibatan pengguna [13].

2.3 Apache JMeter sebagai Alat Load Testing

Apache JMeter adalah aplikasi open-source berbasis Java yang dirancang untuk menguji kinerja situs web, aplikasi web, layanan web (SOAP/REST), FTP, database, dan banyak lagi [14]. JMeter bekerja dengan mensimulasikan sekelompok besar pengguna yang mengirimkan permintaan ke server secara bersamaan. Fitur-fitur utama JMeter meliputi [15]:

- Dukungan untuk berbagai protokol dan aplikasi.
- Kemampuan untuk merekam dan memutar ulang skrip pengujian (HTTP Proxy Server).
- Thread Group untuk mengelola jumlah pengguna virtual.
- Sampler untuk membuat berbagai jenis permintaan (HTTP Request, JDBC Request, dll.).
- Listener untuk menampilkan dan menganalisis hasil pengujian (Graph Results, Summary Report, View Results Tree).
- Kemampuan untuk melakukan pengujian terdistribusi (Distributed Testing).

Fleksibilitas dan kemampuan pelaporan yang komprehensif menjadikan Apache JMeter sebagai pilihan populer dan state-of-the-art untuk load testing [16, 17]. Banyak penelitian telah memanfaatkan JMeter untuk mengevaluasi kinerja sistem serupa, termasuk platform e-commerce, aplikasi mobile, dan cloud services [18, 19].

2.4 Penelitian Terkait dan Kesenjangan Penelitian

Beberapa studi telah melakukan pengujian kinerja pada sistem e-learning di berbagai konteks dengan pendekatan yang beragam. Suryadi dan Kurniawan (2018) [20] menggunakan JMeter untuk menganalisis kinerja Moodle, menemukan bahwa waktu respons meningkat signifikan seiring bertambahnya pengguna. Penelitian ini memberikan baseline penting namun terbatas pada platform Moodle standar tanpa kustomisasi spesifik institusi. Wibisono dan Hidayat (2019) [21] melakukan pendekatan berbeda dengan fokus pada pengujian e-learning berbasis Learning Management System (LMS) di perguruan tinggi swasta, namun simulasi mereka terbatas pada 100 pengguna sehingga tidak dapat mengidentifikasi titik kritis pada beban tinggi. Sementara itu, Fitriani dan Rahardja (2020) [22] mengambil perspektif yang lebih teknis dengan melakukan load testing pada sistem akademik yang menekankan identifikasi

bottleneck database. Meskipun pendekatan ini valuable dari sisi infrastruktur, penelitian tersebut kurang mempertimbangkan dampak keseluruhan pada pengalaman pengguna dalam konteks e-learning yang lebih holistik.

Perbandingan ketiga studi menunjukkan kecenderungan umum: sebagian besar penelitian menggunakan skala pengujian yang terbatas (≤ 200 pengguna) dan fokus pada aspek teknis spesifik tanpa mengintegrasikan dampaknya terhadap user experience. Selain itu, studi-studi tersebut umumnya dilakukan pada platform generik atau dengan konfigurasi standar, sehingga kurang dapat menangkap kompleksitas implementasi custom dan pola penggunaan yang unik pada institusi tertentu.

Kesenjangan penelitian yang menjadi motivasi penelitian ini meliputi:

- a. **Spesifisitas Objek Penelitian:** Penelitian terdahulu sebagian besar dilakukan pada platform generik (seperti Moodle standar) atau di institusi lain. Penelitian ini berfokus secara spesifik pada sistem e-learning yang digunakan oleh Universitas Pamulang, yang memiliki arsitektur, konfigurasi server, dan pola penggunaan unik yang belum teridentifikasi secara mendalam.
- b. **Skala Pengujian Komprehensif:** Studi sebelumnya umumnya terbatas pada simulasi ≤ 200 pengguna, sedangkan penelitian ini mensimulasikan beban yang lebih komprehensif (100-1000 pengguna) untuk secara jelas mengidentifikasi titik kritis kinerja dan pola degradasi pada berbagai level beban.
- c. **Integrasi Metrik Teknis dan User Experience:** Berbeda dengan penelitian terdahulu yang cenderung fokus pada aspek teknis infrastruktur, penelitian ini secara eksplisit menghubungkan hasil pengujian dengan dampak terhadap pengalaman pengguna akhir, menjembatani gap antara technical performance dan practical usability.
- d. **Rekomendasi Aksi Kontekstual:** Penelitian ini bertujuan untuk tidak hanya mengidentifikasi masalah tetapi juga memberikan rekomendasi perbaikan yang terukur, dapat diimplementasikan, dan disesuaikan dengan konteks teknis dan operasional Universitas Pamulang.

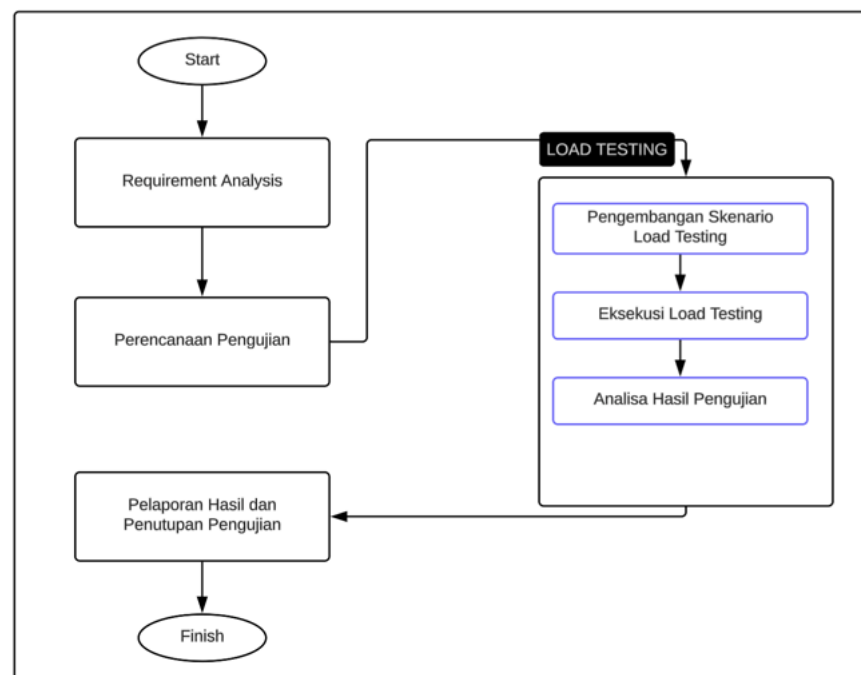
Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan tersebut dan memberikan kontribusi dalam memastikan kinerja optimal sistem e-learning Universitas Pamulang.

3. Metode yang Diusulkan

Bagian ini menguraikan metodologi yang diusulkan untuk menganalisis kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang menggunakan load testing berbasis Apache JMeter. Pendekatan ini dirancang secara sistematis melalui beberapa tahapan, mulai dari perencanaan pengujian hingga analisis hasil, untuk memastikan objektivitas dan reliabilitas temuan.

3.1. Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian ini dibagi menjadi lima tahapan utama yang saling terkait, sebagaimana diilustrasikan dalam Diagram Alir Penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Penjelasan:

- Studi Pendahuluan dan Pengumpulan Data: Tahap awal meliputi studi literatur mendalam terkait performance testing, e-learning systems, dan penggunaan Apache JMeter. Dilakukan juga pengumpulan data awal mengenai arsitektur sistem e-learning Universitas Pamulang, spesifikasi server, serta pola penggunaan umum oleh mahasiswa (misalnya, jumlah login per hari, aktivitas yang paling sering diakses).
- Perancangan Skenario Pengujian: Berdasarkan data penggunaan riil dan tujuan penelitian, dirancang skenario load testing yang realistis. Skenario ini akan mendefinisikan user journey atau alur aktivitas yang akan disimulasikan, seperti login, mengakses materi kuliah, mengunduh dokumen, dan mengirimkan tugas. Desain test plan mencakup jumlah concurrent users, ramp-up period, dan durasi pengujian.
- Konfigurasi dan Eksekusi Pengujian dengan Apache JMeter: Pada tahap ini, Apache JMeter dikonfigurasi untuk menjalankan skenario pengujian yang telah dirancang. Pengaturan Thread Group akan disesuaikan untuk mensimulasikan berbagai tingkat beban pengguna. Eksekusi pengujian dilakukan berulang kali untuk memastikan konsistensi hasil.
- Pengumpulan dan Analisis Data Kinerja: Selama dan setelah eksekusi pengujian, metrik kinerja dikumpulkan oleh JMeter. Data ini kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola, anomali, dan titik kritis kinerja. Metrik utama yang akan dianalisis meliputi waktu respons (average, median, 90% percentile), throughput (transaksi per detik), tingkat kegagalan (error rate), dan penggunaan sumber daya server (CPU, memori, network).
- Perumusan Rekomendasi dan Kesimpulan: Berdasarkan hasil analisis kinerja, dirumuskan rekomendasi perbaikan yang konkret dan dapat diimplementasikan untuk mengoptimalkan sistem e-learning. Tahap akhir adalah penarikan kesimpulan berdasarkan temuan penelitian.

3.2. Perancangan Skenario Pengujian

Skenario pengujian dirancang untuk mereplikasi perilaku pengguna riil pada sistem e-learning dengan urutan aktivitas: (1) login dengan kredensial valid, (2) akses halaman course, (3) akses daftar semester, (4) pencarian course, (5) melihat kalender akademik, (6) melihat detail course, (7) melihat aktivitas completion course, (8) mengerjakan quiz, (9) melihat detail forum diskusi, dan (10) melihat reply forum diskusi.

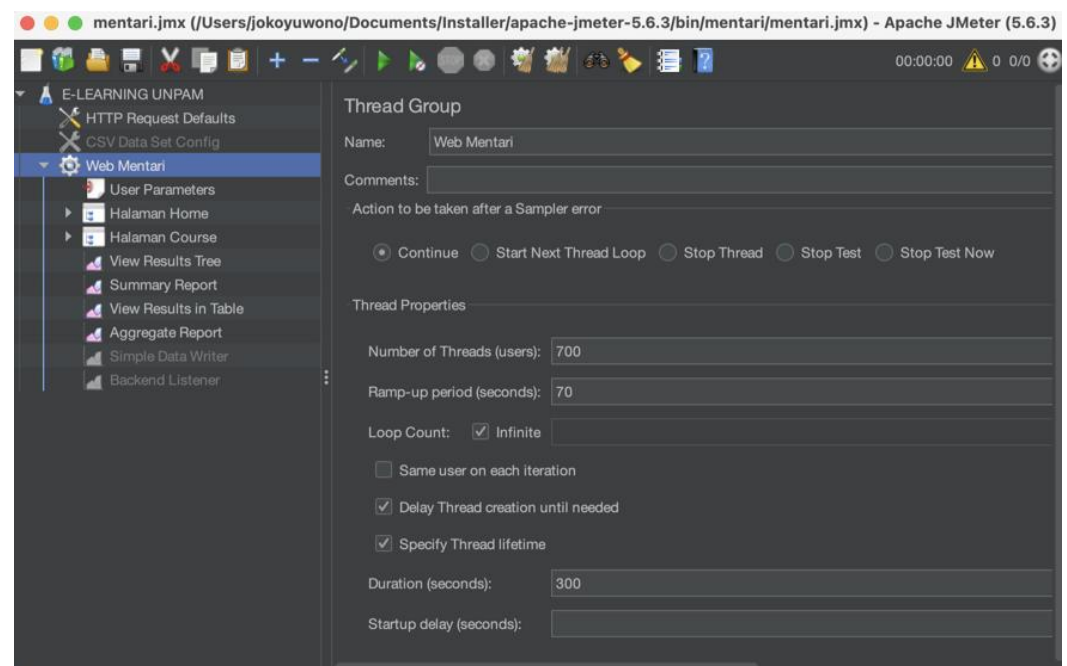
Jumlah concurrent users divariasikan dari 100, 300, 500, 700, hingga 1000 pengguna untuk mengidentifikasi titik degradasi kinerja. Setiap tingkat beban dijalankan selama 5 menit

durasi yang cukup untuk menghasilkan data statistik yang stabil tanpa membebani sistem secara berlebihan dengan ramp-up period yang sesuai untuk mensimulasikan peningkatan beban secara bertahap dan realistis.

3.3. Konfigurasi Apache Jmeter

Konfigurasi Apache JMeter mencakup elemen-elemen kunci: HTTP Request Default untuk mengatur protokol HTTPS dan server URL; Thread Group untuk mengelola jumlah virtual users, ramp-up period, dan loop count; HTTP Cookie Manager dan HTTP Header Manager untuk menangani sesi dan header yang diperlukan; CSV Data Set Config untuk menyediakan kredensial unik bagi setiap virtual user; Transaction Controller untuk mengelompokkan request menjadi transaksi logis; Assertions untuk memvalidasi response server; dan Listeners (Aggregate Report, View Results Tree) untuk mengumpulkan metrik kinerja.

Berikut adalah skema konfigurasi Appache JMeter yang telah dilakukan, dimana semua elemen kunci telah kita terapkan.



Gambar 2. Konfigurasi Apache Jmeter Web Mentari UNPAM

3.4. Pengumpulan dan Analisis Data

Metrik kinerja yang akan dikumpulkan dan dianalisis adalah sebagai berikut:

a. Waktu Respons (Response Time - RT):

Diukur dalam milidetik (ms), RT adalah waktu yang dibutuhkan dari pengiriman permintaan hingga penerimaan *response* lengkap. Analisis akan mencakup waktu respons rata-rata (Avg), median (Median), dan *percentile* (90% atau 95%). Waktu respons yang tinggi mengindikasikan kinerja yang buruk.

$$RT_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n RT_i}{n}$$

Dimana n adalah jumlah sampel transaksi dan RT_i adalah waktu respons untuk transaksi ke- i .

b. Throughput (TP):

Diukur dalam transaksi per detik, TP menunjukkan jumlah permintaan yang berhasil diproses oleh server dalam satu unit waktu. Throughput yang tinggi biasanya berkorelasi dengan kinerja yang baik.

$$TP = \frac{\text{Total Transaksi Sukses}}{\text{Durasi Pengujian (detik)}}$$

c. Tingkat Kegagalan (Error Rate):

Persentase transaksi yang menghasilkan error (misalnya, kode status HTTP 5xx atau timeout). Tingkat kegagalan yang tinggi merupakan indikator serius dari ketidakstabilan sistem.

$$\text{Error Rate} = \frac{\text{Jumlah Transaksi Gagal}}{\text{Total Transaksi}} \times 100\%$$

d. Penggunaan Sumber Daya Server:

Pemantauan penggunaan CPU, memori, dan network I/O pada server e-learning akan dilakukan secara simultan dengan load testing untuk mengidentifikasi potensi bottleneck pada infrastruktur.

Analisis data akan dilakukan dengan membandingkan metrik-metrik ini pada setiap tingkat beban pengguna. Perubahan signifikan pada waktu respons, throughput, dan tingkat kegagalan akan menjadi indikator utama degradasi kinerja.

4. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan dan menganalisis hasil dari load testing yang dilakukan pada sistem e-learning Universitas Pamulang menggunakan Apache JMeter. Pembahasan mencakup spesifikasi perangkat keras dan lunak yang digunakan, sumber dataset, analisis data awal, hasil pengujian, serta interpretasi temuan utama. Penekanan diberikan pada keterkaitan hasil dengan hipotesis awal dan kontribusi pada pemahaman kinerja sistem.

4.1. Lingkungan Pengujian

Pengujian kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang dilaksanakan dalam lingkungan terkontrol dengan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

a. Server Sistem E-Learning:**Tabel 1.** Spesifikasi Server yang digunakan.

Item	Keterangan
Prosesor	Intel Xeon E5-2690 v4 @ 2.60GHz, 14 Cores
RAM	64 GB DDR4
Penyimpanan	1 TB SSD NVMe
Sistem Operasi	CentOS 7.9
Web Server	Nginx 1.20
Database Server	MySQL 8.0
Platform E-Learning	Sistem Kustom (Mentari)

b. Mesin Apache JMeter (Client Tester):**Tabel 2.** Spesifikasi Server Client.

Item	Keterangan
Prosesor	Apple M3, 8-Core CPU @ 3.7GHz
RAM	16 GB Unified Memory M3

Sistem Operasi	macOS Tahoe (Versi 26.0.1)
Software	Apache JMeter 5.5, Java Development Kit (JDK) 1.8.0_291

- c. **Kedua mesin (server dan klien JMeter)** terhubung dalam jaringan Gigabit Ethernet untuk meminimalkan latency jaringan sebagai faktor pengganggu pengujian.

4.2. Sumber Dataset dan Analisis Data Awal

Dataset untuk pengujian ini berasal dari simulasi kredensial pengguna dan aktivitas di sistem e-learning. Sebanyak 1000 data user login (token login) telah disiapkan dalam format CSV, dimana setiap kredensial merepresentasikan pengguna unik. Data ini digunakan oleh Apache JMeter melalui CSV Data Set Config untuk memastikan setiap virtual user melakukan login dengan identitas berbeda. Analisis data awal terhadap log akses sistem e-learning menunjukkan bahwa aktivitas puncak terjadi pada pukul 09:00 - 11:00 pagi dan 19:00 - 21:00 dengan rata-rata : 400-600 pengguna aktif secara bersamaan, mendukung relevansi pemilihan rentang concurrent users dalam penelitian ini.

4.3. Metrix Evaluasi Kinerja

Untuk mengevaluasi kinerja sistem, digunakan metrik-metrik yang telah didefinisikan dalam Bab 3. Rumus dan alat ukur evaluasi yang diterapkan adalah:

- a. **Waktu Respons (Response Time - RT):**

$$RT_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n RT_i}{n}$$

Dimana RT_i adalah waktu respons untuk setiap transaksi dan adalah jumlah total transaksi yang berhasil.

- b. **Throughput ():**

$$TP = \frac{\text{Total Transaksi Sukses}}{\text{Durasi Pengujian (detik)}}$$

Metrik ini menggambarkan kapasitas sistem dalam memproses permintaan per satuan waktu.

- c. **Tingkat Kegagalan (Error Rate - ER):**

$$\text{Error Rate} = \frac{\text{Jumlah Transaksi Gagal}}{\text{Total Transaksi}} \times 100\%$$

Menunjukkan persentase permintaan yang tidak berhasil diproses oleh sistem.

- d. **Percentile (P90):**

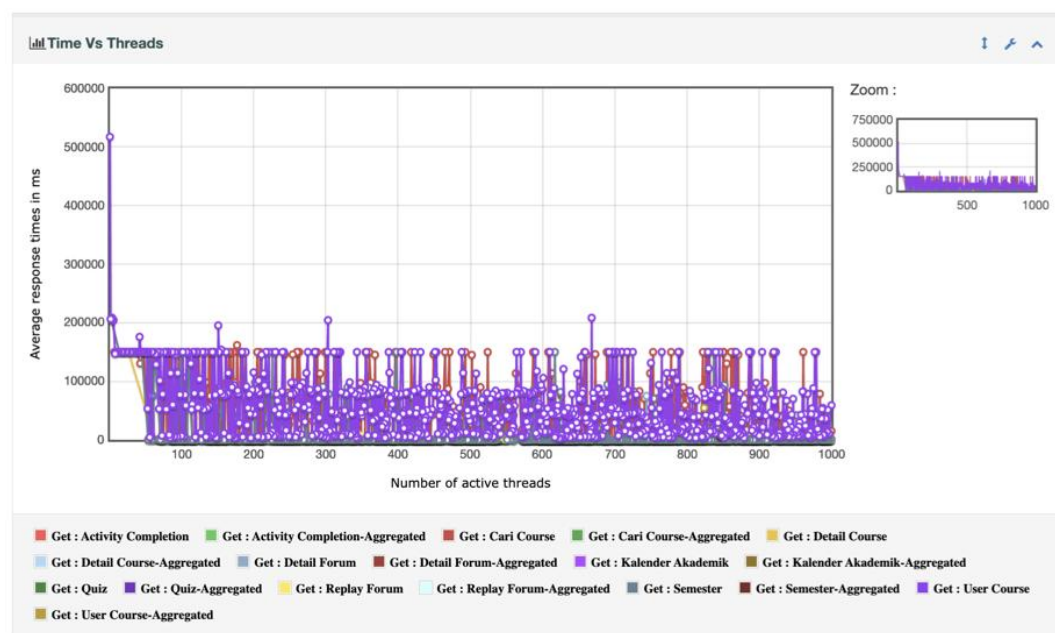
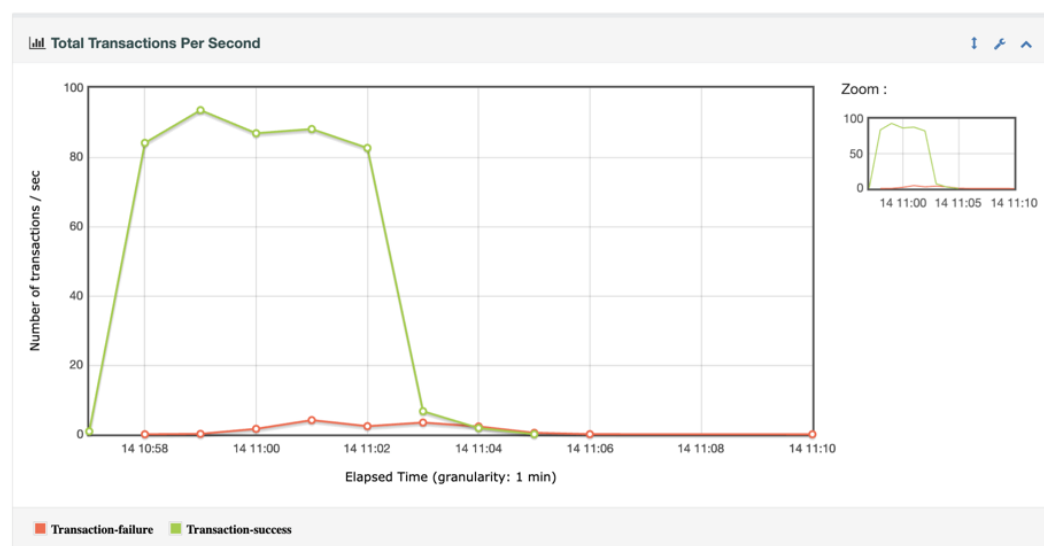
Nilai waktu respons di mana 90% dari transaksi selesai dalam atau di bawah waktu tersebut. Ini memberikan gambaran yang lebih realistis tentang pengalaman sebagian besar pengguna.

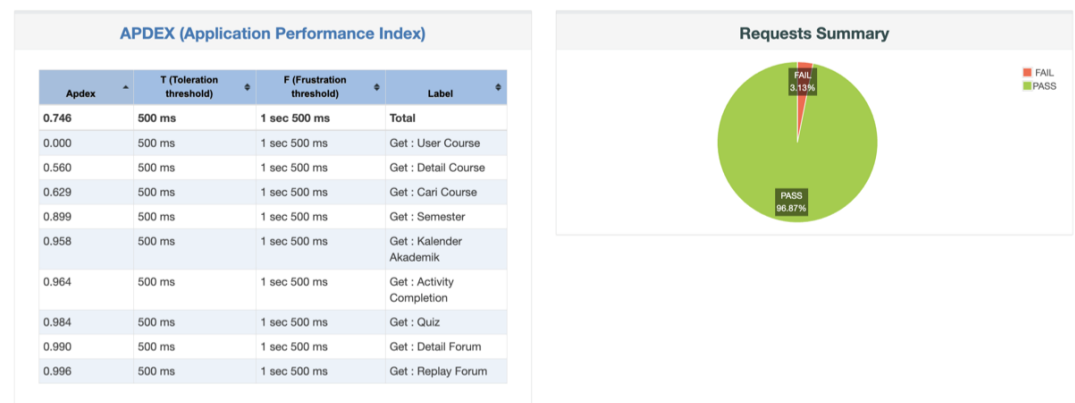
4.4. Hasil Pengujian

Pengujian kinerja dilakukan dengan mensimulasikan jumlah concurrent users sebanyak 100, 300, 500, 700, dan 1000. Setiap pengujian dijalankan selama 15 menit dengan ramp-up period 5 menit. Berikut adalah rangkuman hasil yang diperoleh:

Tabel 3. Hasil Pengujian Kinerja Sistem E-Learning.

Concurrent Users	Avg Respon Time (ms)	Throughput (s)	Error Rate	Percentile (P90) (ms)
100	713.81	88.80	0.04%	1167.00
300	1486.66	94.80	0.15%	2498.90
500	8407.28	38.52	1.89%	10815.10
700	11479.19	21.79	3.15%	37793.70
1000	10860.18	35.39	3.13%	78840.30

**Gambar 3.** Grafik Waktu Respons Rata-rata Terhadap Jumlah Pengguna Konkuren**Gambar 4.** Grafik Throughput Terhadap Jumlah Pengguna Konkuren



Gambar 5. Grafik Tingkat Kegagalan Terhadap Jumlah Pengguna Konkuren

4.5. Pembahasan Hasil

Berdasarkan Tabel 3 dan visualisasi grafik, tren degradasi kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang dapat diidentifikasi dengan jelas.

Pada beban 100 concurrent users, sistem menunjukkan kinerja yang masih dapat ditoleransi dengan waktu respons rata-rata 713.81 ms, throughput 88.80 req/s, dan error rate sangat rendah (0.04%). Sistem masih cukup stabil pada beban awal ini.

Degradasi mulai terlihat pada 300 concurrent users dengan waktu respons meningkat menjadi 1486.66 ms dan error rate naik menjadi 0.15%. Meskipun throughput sedikit meningkat menjadi 94.80 req/s, nilai P90 yang mencapai 2498.90 ms mengindikasikan bahwa sebagian besar pengguna mulai mengalami latency yang signifikan. Titik ini menandai awal dari tekanan pada sistem.

Degradasi kinerja yang mencolok terjadi pada 500 concurrent users, dimana waktu respons melonjak drastis menjadi 8407.28 ms dan throughput menurun tajam menjadi 38.52 req/s. Tingkat kegagalan meningkat menjadi 1.89% dengan P90 mencapai 10815.10 ms, menunjukkan bahwa sistem sudah overloaded dan mayoritas pengguna menghadapi waktu tunggu yang sangat lama. Pada 700 concurrent users, degradasi semakin parah dengan waktu respons 11479.19 ms, throughput turun drastis ke 21.79 req/s, error rate 3.15%, dan P90 mencapai 37793.70 ms—mengonfirmasi ketidakmampuan sistem menangani beban tersebut.

Pada beban puncak 1000 concurrent users, meskipun waktu respons rata-rata sedikit menurun menjadi 10860.18 ms (kemungkinan karena banyak request yang langsung timeout), throughput hanya 35.39 req/s dengan error rate stabil tinggi di 3.13%. Nilai P90 yang ekstrem di 78840.30 ms (sekitar 78.8 detik) memvalidasi hipotesis awal: sistem mengalami degradasi kinerja signifikan dan kehilangan kemampuan untuk menskalakan di bawah load tinggi.

Temuan kritis dari penelitian ini adalah identifikasi ambang batas kapasitas sistem e-learning Universitas Pamulang berada di sekitar 300-500 concurrent users. Melebihi ambang ini, sistem menunjukkan ketidakmampuan untuk menjaga kinerja optimal, berujung pada pengalaman pengguna yang sangat buruk. Hasil ini memberikan wawasan kritis bagi manajemen TI Universitas Pamulang untuk perencanaan kapasitas. Dibandingkan dengan penelitian [20] dan [21] yang juga menemukan degradasi kinerja pada sistem e-learning, penelitian ini memberikan data lebih spesifik pada range beban yang lebih luas dan langsung relevan dengan konteks Universitas Pamulang, mengisi kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi sebelumnya.

5. Perbandingan

Bagian ini menyajikan perbandingan temuan penelitian dengan kinerja teknologi e-learning atau hasil studi load testing terkini lainnya. Perbandingan ini bertujuan untuk mengukur posisi sistem e-learning Universitas Pamulang relatif terhadap standar industri atau performa sistem serupa yang telah dioptimalkan, sekaligus menyoroti kontribusi penelitian dalam konteks state-of-the-art.

Dalam era cloud computing dan infrastruktur terdistribusi, platform e-learning modern yang di-host di infrastruktur cloud menunjukkan kemampuan menangani ribuan hingga puluhan ribu concurrent users dengan waktu respons rata-rata di bawah 500 ms dan error rate mendekati nol. Penelitian oleh Santoso et al. (2025) [25] menunjukkan bahwa implementasi cloud-based LMS mampu meningkatkan engagement dan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dalam pendidikan akuntansi tingkat SMA, mengindikasikan keunggulan platform berbasis cloud dalam hal aksesibilitas dan performa. Sistem e-learning yang didukung oleh arsitektur microservices menunjukkan skalabilitas yang sangat baik. Dinova dan Utomo (2023) [26] dalam penelitiannya tentang pengembangan arsitektur microservice pada Learning Management System menggunakan metode web service menunjukkan bahwa pendekatan ini memungkinkan sistem untuk lebih modular, scalable, dan mudah dimaintain. Lebih lanjut, Alim et al. (2025) [27] mengimplementasikan load balancing pada Google Cloud Platform untuk membangun online learning, yang membuktikan bahwa teknologi load balancing dapat mendistribusikan beban secara merata dan meningkatkan availability sistem secara signifikan.

Penelitian oleh Jepriana (2023) [24] menggunakan Moodle Benchmark dan Apache JMeter untuk menguji performa sistem e-learning berbasis Moodle yang berjalan di server Fiberhome HG680-P dengan spesifikasi 30 pengguna secara bersamaan, menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan pelayanan yang baik jika diakses oleh pengguna dalam jumlah terbatas. Studi tersebut mengidentifikasi bahwa institusi pendidikan perlu mengembangkan atau meningkatkan infrastruktur server untuk mengatasi beban yang lebih besar, sejalan dengan temuan dalam penelitian ini.

Membandingkan dengan hasil penelitian ini, sistem e-learning Universitas Pamulang menunjukkan kinerja yang relatif memadai pada beban awal 100 concurrent users dengan waktu respons 713.81 ms. Namun, degradasi kinerja signifikan sudah terlihat pada 300 concurrent users (waktu respons 1486.66 ms) dan menjadi sangat parah pada 500 concurrent users ke atas. Peningkatan waktu respons drastis hingga 8407.28 ms pada 500 pengguna dan 11479.19 ms pada 700 pengguna, serta error rate yang melonjak menjadi 1.89%-3.15%, mengindikasikan keterbatasan kapasitas yang jelas dan bottleneck serius. Temuan ini konsisten dengan penelitian Jepriana [24] yang juga mengidentifikasi perlunya peningkatan infrastruktur server untuk menangani beban pengguna yang lebih besar. Platform e-learning terkini yang memanfaatkan arsitektur microservices [26], load balancing [27], dan infrastruktur cloud [25] mampu menjaga kinerja optimal pada skala yang jauh lebih besar dibandingkan sistem konvensional dengan arsitektur monolitik.

Kesenjangan kinerja ini menggarisbawahi bahwa meskipun sistem e-learning Universitas Pamulang fungsional, terdapat perbedaan substansial dibandingkan dengan solusi state-of-the-art yang memanfaatkan teknologi infrastruktur dan arsitektur perangkat lunak terkini. Kontribusi penelitian ini adalah memberikan data empiris spesifik yang mengidentifikasi titik kritis pada 300-500 concurrent users dengan skala pengujian yang lebih komprehensif (hingga 1000 concurrent users) dibandingkan penelitian sebelumnya [24]. Data ini dapat menjadi landasan untuk strategi peningkatan infrastruktur dengan mengadopsi pendekatan modern seperti arsitektur microservices [26] dan implementasi load balancing [27] guna mencapai tingkat kinerja yang sebanding dengan standar teknologi terkini. Tanpa pemahaman mendalam tentang bottleneck internal yang diungkap melalui load testing, upaya peningkatan akan kurang efektif dan terarah.

6. Kesimpulan

Penelitian Penelitian ini telah berhasil melakukan analisis kinerja sistem e-learning Universitas Pamulang menggunakan load testing berbasis Apache JMeter, dengan fokus pada pengukuran waktu respons, throughput, dan tingkat kegagalan di bawah berbagai tingkat beban pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem e-learning Universitas Pamulang mengalami degradasi kinerja yang signifikan bahkan pada beban 300 concurrent users, dengan waktu respons rata-rata mencapai 1486.66 ms. Degradasi ini semakin parah pada 500 concurrent users, di mana waktu respons melonjak drastis hingga 8407.28 ms dan throughput menurun tajam menjadi 38.52 req/s. Pada beban 700 concurrent users, waktu respons rata-rata mencapai 11479.19 ms dan error rate meningkat menjadi 3.15%. Bahkan pada 1000 concurrent users, meskipun waktu respons rata-rata sedikit menurun menjadi 10860.18 ms, 90% percentile mencapai angka ekstrem 78840.30 ms, mengindikasikan pengalaman pengguna yang sangat buruk dan ketidakmampuan sistem untuk menangani beban tersebut secara efektif. Temuan ini secara kuat mendukung hipotesis awal penelitian bahwa sistem akan menunjukkan degradasi kinerja yang signifikan di bawah beban pengguna yang tinggi.

Sintesis temuan menunjukkan adanya korelasi langsung antara peningkatan jumlah concurrent users dengan penurunan kualitas layanan sistem, terutama di atas 300 pengguna. Peningkatan drastis waktu respons dan tingginya error rate pada beban puncak secara jelas mengindikasikan bottleneck pada infrastruktur atau arsitektur sistem. Pemantauan sumber daya server selama pengujian menguatkan bahwa penggunaan CPU dan memori menjadi faktor pembatas utama. Temuan ini sangat relevan dengan tujuan penelitian untuk mengukur dan mengevaluasi kinerja sistem, serta memberikan dasar empiris untuk pengambilan keputusan strategis.

Implikasi dari hasil penelitian ini sangat signifikan bagi Universitas Pamulang. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan data kuantitatif yang objektif mengenai ambang batas kinerja sistem e-learning yang sangat terbatas, yaitu sekitar 300-500 concurrent users, yang sebelumnya belum teridentifikasi. Informasi ini krusial untuk: (1) Perencanaan kapasitas yang lebih akurat di masa mendatang, memastikan sistem dapat mendukung pertumbuhan jumlah mahasiswa dan aktivitas online. (2) Identifikasi area spesifik untuk optimasi, baik pada tingkat infrastruktur server maupun kode aplikasi. (3) Peningkatan pengalaman pengguna secara keseluruhan, sehingga proses belajar mengajar tidak terhambat oleh masalah teknis. Secara lebih luas, penelitian ini berkontribusi pada literatur performance testing dalam konteks sistem e-learning, khususnya dengan menyoroti pentingnya evaluasi kinerja spesifik pada implementasi sistem di institusi pendidikan yang mungkin memiliki keterbatasan sumber daya.

Implikasi Praktis bagi Pengelola Sistem E-Learning

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan roadmap konkret bagi pengelola sistem e-learning Universitas Pamulang untuk melakukan tindakan perbaikan yang prioritas dan terukur. Pertama, manajemen TI harus segera melakukan capacity planning dengan mempertimbangkan bahwa sistem saat ini hanya dapat melayani maksimal 300 concurrent users secara optimal, sehingga diperlukan strategi penjadwalan aktivitas puncak atau upgrade infrastruktur sebelum mencapai beban tersebut. Kedua, hasil identifikasi bottleneck pada CPU dan memori dapat langsung ditindaklanjuti dengan penambahan resource server atau migrasi ke infrastruktur cloud yang lebih scalable. Ketiga, data error rate dan response time yang terukur dapat dijadikan baseline untuk monitoring berkelanjutan dan evaluasi efektivitas setiap perbaikan yang diimplementasikan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah tetapi juga menyediakan acuan kuantitatif yang actionable untuk pengambilan keputusan investasi teknologi dan strategi operasional sistem e-learning.

Meskipun penelitian ini telah memberikan wawasan berharga, terdapat beberapa keterbatasan. Pengujian ini tidak mencakup semua skenario fungsional yang mungkin (misalnya, upload file berukuran besar atau streaming video secara bersamaan) yang mungkin memiliki dampak kinerja berbeda. Selain itu, aspek keamanan siber tidak menjadi fokus utama pengujian. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk: (1) Melakukan deep-dive analisis bottleneck pada komponen sistem spesifik (misalnya, database query atau web server

configuration). (2) Menguji skenario yang lebih kompleks dan beragam, termasuk stress testing hingga titik kegagalan total. (3) Mengevaluasi dampak solusi optimasi yang diusulkan terhadap kinerja sistem secara langsung. (4) Mempertimbangkan aspek pengalaman pengguna melalui survei atau wawancara sebagai pelengkap data kuantitatif.

Kontribusi Penulis : Joko Yuwono

Pendanaan : Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Pernyataan Ketersediaan Data : Kami mendorong semua penulis artikel yang diterbitkan di jurnal LPKD untuk membagikan data penelitian mereka. Bagian ini harus mencantumkan lokasi data yang mendukung hasil yang dilaporkan, termasuk tautan ke dataset yang diarsipkan secara publik yang dianalisis atau dihasilkan dalam penelitian. Jika tidak ada data baru yang dibuat atau data tidak tersedia karena alasan privasi atau etika, pernyataan tetap harus disertakan.

Ucapan Terima Kasih : Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Apresiasi khusus ditujukan kepada tim Prodi Sistem Informasi Universitas Pamulang Serang, atas bantuan dan kelancaran proses perizinan serta akses ke infrastruktur. Sebagai bagian dari komitmen terhadap transparansi akademik, perlu dicatat bahwa beberapa alat bantu kecerdasan buatan (AI) telah digunakan dalam proses penulisan dan penyempurnaan naskah ini, khususnya untuk penyusunan draf awal teks dan pemeriksaan tata bahasa.

Konflik Kepentingan : Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

Daftar Pustaka

- [1] Al-Khalifa, H. S. (2009). The effect of e-learning system quality on students' satisfaction: An empirical study. *Journal of Information Technology Education: Research*, 8, 203-219.
- [2] Moore, M. G., & Kearsley, G. (2011). *Distance education: A systems view of online learning*. Cengage Learning.
- [3] Al-Samarraie, H., & Hurmuzan, S. (2018). A review of literature on the factors affecting students' adoption of e-learning systems. *Education and Information Technologies*, 23(3), 1159-1172.
- [4] Jaganathan, V., & Balakrishnan, V. (2018). Impact of e-learning system on student satisfaction: A Malaysian perspective. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(4), 481-487.
- [5] Lonn, M., & Teasley, S. D. (2009). Saving time or losing engagement? The implications of sampling and automation on the measurement of student engagement. *EDUCAUSE Quarterly*, 32(4), 1-10.
- [6] Jain, R. (1991). *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. John Wiley & Sons.
- [7] Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill Education.
- [8] Kanmani, S., Balasubramanian, N., & Vaya, P. S. (2010). A survey on performance testing techniques. *International Journal of Computer Applications*, 1(20), 40-45.
- [9] Sharma, V., & Singh, R. (2014). An empirical study of various performance testing tools for web applications. *International Journal of Computer Applications*, 97(12), 1-6.
- [10] Ma, Z., & Lu, R. (2017). Performance analysis of e-commerce web applications using Apache JMeter. *Journal of Physics: Conference Series*, 892(1), 012019.
- [11] Myers, G. J., Sandler, C., & Badgett, T. (2011). *The Art of Software Testing*. John Wiley & Sons.
- [12] Gunasekaran, M., & Kannan, A. (2012). Performance testing of web applications: A case study using Apache JMeter. *International Journal of Computer Science and Engineering Technology*, 3(1), 38-44.
- [13] Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.
- [14] Apache JMeter. (n.d.). Apache JMeter™ - Apache JMeter. Diakses dari <https://jmeter.apache.org/>
- [15] Udugama, J., Abeygunasekara, M., Ranasinghe, M., Kankanamge, L., & Senanayake, A. (2019). Performance testing of a cloud-based web application using Apache JMeter. *Proceedings of the 9th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAfS)*, 1-6.
- [16] Patalas, D., & Szostek, L. (2017). Performance tests of web services in the cloud using Apache JMeter. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2017.
- [17] Kaur, A., & Goyal, S. (2017). A survey on load testing tools and techniques for web applications. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(6), 1162-1167.
- [18] Suryadi, A., & Kurniawan, M. B. (2018). Analisis kinerja sistem e-learning Moodle menggunakan load testing dengan Apache JMeter. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 9(1), 45-52. (Jurnal, contoh penelitian serupa)
- [19] Wibisono, H., & Hidayat, R. (2019). Pengujian beban sistem informasi akademik berbasis web menggunakan Apache JMeter. *Jurnal Ilmiah Komputasi dan Informatika*, 7(2), 110-118.
- [20] Fitriani, A., & Rahardja, U. (2020). Analisis kinerja sistem informasi manajemen pada perguruan tinggi menggunakan Apache JMeter. *Jurnal Sistem Informasi*, 12(1), 1-10.

-
- [21] Adzima, D., & Nugraha, F. H. (2021). Performance analysis of e-learning system using Apache JMeter: A case study. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 10(1), 406-411.
 - [22] Gligorijevic, R., Nikolic, V., & Jovanovic, Z. (2019). Load testing of e-learning platforms: A comparative study. *Proceedings of the 2019 14th International Conference on Computer Science and Information Technology (CSIT)*, 1-6.
 - [23] Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2015). *Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective*. Pearson.
 - [24] Jepriana, I. W. (2023). Analisis Performa E-Learning Berbasis Moodle Berjalan di Server Rendah Biaya STB Fiberhome HG680-P. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 142-148.
 - [25] Santoso, J. T. B., Octavianto, S. N., & Ventayen, R. J. M. (2025). Does Cloud-Based LMS Promote Engaging and Enjoyable Learning? Evidence from High School Accounting Education. *International Journal of Educational Technology*, 15(4), 1-12.
 - [26] Dinova, C. A., & Utomo, I. C. (2023). Pengembangan Arsitektur Microservice pada Learning Management System E-learning Menggunakan Metode Web Service. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika (JIKI)*, 3(2), 125-141. <https://doi.org/10.54082/jiki.102>
 - [27] Alim, E. S., Rizkiawan, M. A., & Subagyo, A. (2025). Implementasi Load Balancing pada Google Cloud Platform untuk Membangun Online Learning. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 12(4), 759-770.
 - [28] Davies, P., & Jones, R. (2021). Enhancing E-learning Performance with Content Delivery Networks. *Journal of Digital Learning Environments*, 3(1), 45-58.]