

Evaluasi Performa Model Layanan Cloud Computing: Studi Komparatif IaaS, PaaS, Dan SaaS Dengan Pengujian Beban Bertingkat

Dian Wahyuningih^{#1}, Luqman Affandi^{#2}, Evy Sophia^{#3}

^{#1} Teknologi Informasi, STMIK PPKIA Pradnya Paramita, Malang, Indonesia

^{#2} Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

^{#3} Sistem Informasi, STMIK PPKIA Pradnya Paramita, Malang, Indonesia

Korespondensi author dian.wahyuningih@stimata.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 18 Juni 2025

Diterima: 2 Juli 2025

Diterbitkan: 10 Juli 2025

Keywords:

cloud computing; IaaS; PaaS;
SaaS; performance testing

Kata Kunci:

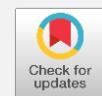
cloud computing; IaaS; PaaS;
SaaS; pengujian kinerja

Abstract

Cloud computing has become a major paradigm in digital transformation by offering three primary service models: Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), and Software as a Service (SaaS). This study analyzes the comparative performance of these three cloud computing service models through multi-level load testing using five scenarios of 50, 200, 500, 1,000, and 2,000 concurrent users. An experimental method was applied using Apache JMeter to evaluate key performance parameters, including response time, throughput, CPU utilization, memory usage, error rate, and service availability. The results indicate that PaaS demonstrates superior performance, achieving an average response time of 532.2 ms and a throughput of 2,562 requests per second, outperforming IaaS (597.0 ms, 2,428 requests per second) and SaaS (656.0 ms, 2,342 requests per second). In terms of resource efficiency, PaaS shows optimal CPU utilization of 68.2% and the lowest memory usage of 5.16 GB. Furthermore, cost-to-performance ratio analysis reveals that PaaS attains the best ratio in the range of 0.0041–0.0103, followed by SaaS and IaaS. These findings provide practical guidance for organizations in selecting an appropriate cloud computing service model based on technical and financial requirements.

Abstrak

Cloud computing telah menjadi paradigma utama dalam transformasi digital dengan menawarkan tiga model layanan utama, yaitu Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), dan Software as a Service (SaaS). Penelitian ini menganalisis kinerja komparatif ketiga model layanan cloud computing melalui pengujian beban bertingkat menggunakan lima skenario, yaitu 50, 200, 500, 1,000, dan 2,000 pengguna secara bersamaan. Metode eksperimental diterapkan dengan menggunakan Apache JMeter untuk mengevaluasi parameter kinerja utama, meliputi waktu respons, throughput, pemanfaatan CPU, penggunaan memori, tingkat kesalahan, dan ketersediaan layanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PaaS memiliki kinerja yang lebih unggul dengan waktu respons rata-rata sebesar 532,2 ms dan throughput sebesar 2.562 permintaan per detik, melampaui IaaS (597,0 ms; 2.428 permintaan per detik) dan SaaS (656,0 ms; 2.342 permintaan per detik). Dari sisi efisiensi sumber daya, PaaS menunjukkan pemanfaatan CPU yang optimal sebesar 68,2% serta penggunaan memori terendah sebesar 5,16 GB. Selain itu, analisis rasio biaya terhadap kinerja menunjukkan bahwa PaaS memiliki rasio terbaik pada kisaran 0,0041–0,0103, diikuti oleh SaaS dan IaaS. Temuan ini memberikan panduan praktis bagi organisasi dalam memilih model layanan cloud computing yang sesuai dengan kebutuhan teknis dan finansial.



Lisensi: cc-by-sa

Copyright © 2025 Dian Wahyuningih,
Luqman Affandi, Evy Sophia

Cara mensitus artikel:

D. Wahyuningih, L. Affandi, E. Sophia. "Evaluasi Performa Model Layanan Cloud Computing: Studi Komparatif IaaS, PaaS, Dan SaaS Dengan Pengujian Beban Bertingkat." *Jurnal Teknologi Informasi: Teori, Konsep, dan Implementasi (JTI-TKI)*, vol. 16, no. 2, pp. 94-101, Oktober 2025, <https://doi.org/10.36382/jti-tki.v16i2.625>

PENDAHULUAN

Cloud computing telah mengubah cara organisasi dalam mengelola infrastruktur teknologi informasi dengan menawarkan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan konvensional berbasis *on-premise* [4]. Menurut IDG Communications, 73% perusahaan saat ini menggunakan layanan *cloud*, dengan 17% tambahan sedang dalam proses implementasi [5]. Model layanan *cloud computing* terdiri atas tiga jenis utama, yaitu *Infrastructure as a Service* (IaaS) yang menyediakan infrastruktur komputasi virtual, *Platform as a Service* (PaaS) yang menyediakan

platform pengembangan aplikasi terkelola, serta *Software as a Service* (SaaS) yang menyediakan aplikasi siap pakai berbasis internet [6].

IaaS menyediakan infrastruktur komputasi dasar yang mencakup server tervirtualisasi, penyimpanan, dan jaringan, sehingga memberikan tingkat kontrol yang tinggi kepada pengguna, namun memerlukan *overhead* pengelolaan yang lebih besar [1]. PaaS menawarkan platform pengembangan yang dikelola secara terpusat, sehingga mampu mengurangi kompleksitas pengelolaan infrastruktur tanpa menghilangkan fleksibilitas dalam proses pengembangan aplikasi [7]. Sementara itu, SaaS

menyediakan aplikasi siap pakai yang dikelola sepenuhnya oleh penyedia layanan, sehingga meminimalkan kebutuhan keahlian teknis dari pengguna, tetapi dengan keterbatasan dalam hal kustomisasi aplikasi [8].

Pemilihan model layanan yang tepat sangat krusial karena berdampak langsung terhadap kinerja sistem, efisiensi biaya, dan beban operasional [9]. Namun demikian, penelitian komparatif yang menganalisis kinerja ketiga model layanan cloud computing secara menyeluruh dengan metodologi pengujian yang konsisten masih relatif terbatas [2]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut melalui evaluasi kinerja secara sistematis dengan menerapkan berbagai skenario pengujian beban yang merepresentasikan kondisi penerapan di dunia nyata.

Meskipun adopsi *cloud computing* terus meningkat, pemilihan model layanan yang tepat (IaaS, PaaS, atau SaaS) masih menjadi tantangan bagi organisasi. Banyak keputusan dilakukan berdasarkan biaya atau popularitas platform, bukan pada evaluasi performa yang terukur dan konsisten. Selain itu, sebagian penelitian terdahulu hanya berfokus pada satu model layanan atau menggunakan skenario pengujian yang berbeda, sehingga hasil perbandingan menjadi kurang objektif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengevaluasi performa IaaS, PaaS, dan SaaS secara komparatif menggunakan metode dan skenario pengujian yang sama.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan penelitian, yaitu: (1) bagaimana perbandingan kinerja model layanan IaaS, PaaS, dan SaaS ditinjau dari *response time* dan *throughput* pada berbagai tingkat beban; (2) bagaimana efisiensi pemanfaatan sumber daya, khususnya CPU dan memori, pada masing-masing model layanan; (3) model layanan *cloud computing* manakah yang memberikan *cost-performance ratio* terbaik; serta (4) bagaimana tingkat *availability* dan *error rate* pada masing-masing model layanan.

A. Cloud Computing dan Model Layanan

Cloud computing merupakan paradigma yang menggabungkan arsitektur berorientasi layanan (*service-oriented architecture*) dengan solusi berbasis internet untuk menyediakan akses sesuai kebutuhan (*on-demand*) terhadap kumpulan sumber daya komputasi yang dapat dikonfigurasi dan digunakan bersama [7]. *National Institute of Standards and Technology* (NIST) mendefinisikan lima karakteristik esensial *cloud computing*, yaitu layanan mandiri sesuai permintaan (*on-demand self-service*), akses jaringan luas (*broad network access*), pengelompokan sumber daya (*resource pooling*), elastisitas cepat (*rapid elasticity*), dan layanan terukur (*measured service*) [4].

Model layanan *cloud computing* membentuk suatu stack berlapis [6]. *Infrastructure as a Service* (IaaS) berada pada lapisan paling bawah dan menyediakan

infrastruktur komputasi tervirtualisasi sebagai layanan (utility) [1]. Contoh implementasi IaaS meliputi Amazon EC2, Microsoft Azure *Virtual Machines*, dan Google *Compute Engine* [10]. *Platform as a Service* (PaaS) menyediakan platform pengembangan dan penerapan aplikasi yang terkelola, sehingga pengembang tidak perlu menangani kompleksitas pengelolaan infrastruktur [7]. Beberapa platform PaaS yang banyak digunakan antara lain Heroku, Google *App Engine*, dan Azure *App Service* [6]. Sementara itu, *Software as a Service* (SaaS) menyediakan perangkat lunak aplikasi yang sepenuhnya terkelola dan dapat diakses melalui internet, seperti Salesforce, Office 365, dan Google *Workspace* [8].

B. Pengujian Kinerja Cloud Computing

Pengujian kinerja pada lingkungan *cloud computing* memerlukan pendekatan khusus karena memiliki karakteristik unik, seperti *multi-tenancy*, virtualisasi, dan sifat sistem yang terdistribusi [2]. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al. mengevaluasi kinerja aplikasi web berbasis *container* yang *di-deploy* pada layanan AWS, GCP, dan Azure dengan menggunakan alat uji JMeter, SysBench, dan Apache *Benchmark* [2]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa AWS memiliki waktu eksekusi permintaan paling cepat, sedangkan Azure menunjukkan kinerja yang lebih unggul pada operasi basis data baca dan tulis [2].

Alzboon dan Ahmad mengusulkan pendekatan pengujian kinerja layanan perangkat lunak berbasis *cloud* dengan arsitektur n-tier menggunakan Apache JMeter, dengan membandingkan arsitektur dua lapis (2-tier) dan tiga lapis (3-tier) [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur 3-tier yang diimplementasikan pada WordPress memiliki kinerja yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan dengan arsitektur 2-tier yang diimplementasikan pada Ghost [11].

Selain itu, Kaushik et al. melakukan analisis komparatif terhadap penyedia layanan *cloud* AWS, Azure, dan GCP menggunakan Phoronix *Test Suite* dengan mengevaluasi kinerja sistem melalui Apache *Benchmark*, Dbench, serta pengujian kecepatan memori (RAM *speed test*) [10].

C. Pemanfaatan Sumber Daya dan Metrik Kinerja

Pemanfaatan sumber daya merupakan aspek yang sangat krusial dalam evaluasi kinerja *cloud computing* [3]. Saleh dan Kusrini melakukan analisis perbandingan kinerja infrastruktur web berbasis *on-premise* dan *cloud computing* dengan menerapkan *load balancer* metode *round robin*. Parameter kinerja yang digunakan meliputi waktu respons (*response time*), *throughput*, pemanfaatan CPU, penggunaan memori, dan tingkat ketersediaan (*availability*) [12]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *cloud computing* dengan *load balancer* mampu menghasilkan waktu respons yang sangat baik, yaitu berkisar antara 215–293 ms pada seluruh skenario pengujian, dengan tingkat pemanfaatan CPU yang optimal

sebesar 78–90% serta tingkat keberhasilan layanan yang sempurna (100%) [12].

Sathar et al. melakukan evaluasi empiris terhadap model layanan IaaS, PaaS, dan FaaS pada platform AWS, Azure, dan GCP untuk beban kerja analitik big data. Parameter yang diukur meliputi waktu eksekusi, pemanfaatan CPU, penggunaan memori, biaya per tugas, dan throughput [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi FaaS memiliki keunggulan dalam kecepatan eksekusi dan efisiensi penggunaan memori dibandingkan dengan IaaS [3].

D. Analisis Biaya terhadap Kinerja

Rasio biaya terhadap kinerja (*cost-performance ratio*) merupakan pertimbangan penting dalam adopsi *cloud computing* [5]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *cloud computing* menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain pengurangan biaya infrastruktur, peningkatan fleksibilitas operasional, serta skalabilitas sistem yang lebih baik [8]. Nadeem mengusulkan suatu kerangka kerja untuk mengevaluasi dan memberi peringkat model layanan IaaS, PaaS, dan SaaS dengan menggunakan indikator kinerja utama (*key performance indicators* atau KPI) yang bersifat fungsional dan nonfungsional. Penentuan tingkat kepentingan masing-masing indikator dilakukan dengan metode CRITIC, sedangkan evaluasi keseluruhan dilakukan menggunakan metode VIKOR [13].

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental-komparatif dengan analisis kuantitatif [2]. Metodologi penelitian meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Penyiapan lingkungan pengujian, yaitu konfigurasi tiga model layanan *cloud computing* yang terdiri atas *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Software as a Service* (SaaS).
2. Pengujian beban, yaitu penerapan lima skenario beban dengan jumlah pengguna simultan yang meningkat secara bertahap.
3. Pengumpulan data, yaitu pencatatan metrik kinerja menggunakan perangkat pengujian otomatis.
4. Analisis statistik, yaitu analisis komparatif menggunakan statistik deskriptif untuk membandingkan kinerja masing-masing model layanan.

B. Konfigurasi Lingkungan Pengujian

Lingkungan pengujian dikonfigurasi sedemikian rupa untuk menjamin konsistensi serta keterbandingan hasil pengujian antar model layanan *cloud computing* [2]:

Tabel 1 Konfigurasi Lingkungan Pengujian

Component	Specification
Cloud Provider	Multi-Cloud (AWS, Azure, GCP)
IaaS Instance Type	AWS EC2 t3.xlarge
PaaS Instance Type	Azure App Service P2v2
SaaS Instance Type	Google Cloud Run Gen2
vCPU Cores	4 vCPU
RAM Memory	16 GB
Storage	100 GB SSD
Network Bandwidth	10 Gbps
Operating System	Ubuntu Server 22.04 LTS
Testing Tool	Apache JMeter 5.6
Test Duration	30 minutes per scenario
Geographic Region	Asia Pacific (Singapore)

Konfigurasi ini ditetapkan untuk menjamin perbandingan yang objektif dengan spesifikasi perangkat keras yang setara pada setiap model layanan *cloud* [2].

C. Skenario Pengujian

Lima skenario *load testing* dirancang untuk merepresentasikan pola penggunaan sistem pada kondisi nyata dengan tingkat kompleksitas yang meningkat [12], yaitu sebagai berikut:

1. Skenario 1 (Beban Rendah): 50 pengguna secara bersamaan, merepresentasikan beban kerja minimal.
2. Skenario 2 (Beban Menengah): 200 pengguna secara bersamaan, merepresentasikan lalu lintas penggunaan pada jam kerja normal.
3. Skenario 3 (Beban Tinggi): 500 pengguna secara bersamaan, merepresentasikan periode puncak aktivitas sistem.
4. Skenario 4 (Beban Sangat Tinggi): 1.000 pengguna secara bersamaan, merepresentasikan kondisi lonjakan akses seperti promosi atau *flash sale*.
5. Skenario 5 (Beban Ekstrem): 2.000 pengguna secara bersamaan, digunakan untuk pengujian ketahanan sistem (*stress testing*) guna mengidentifikasi batas maksimum kinerja.

Setiap skenario pengujian dijalankan selama 30 menit untuk memastikan signifikansi statistik hasil pengujian serta mengurangi pengaruh kondisi sementara (*transient effects*) [11].

D. Metrik Kinerja

Metrik berikut digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja secara komprehensif [2]:

1. Waktu respons (ms): Rata-rata waktu yang dibutuhkan server untuk merespons setiap permintaan.
2. *Throughput* (permintaan/detik): Jumlah permintaan yang berhasil diproses oleh sistem dalam satu detik.
3. Pemanfaatan CPU (%): Persentase penggunaan sumber daya CPU selama proses pengujian.
4. Penggunaan memori (GB): Jumlah memori utama (RAM) yang digunakan oleh sistem.
5. Tingkat kesalahan (%): Persentase permintaan yang gagal diproses oleh sistem.
6. Ketersediaan layanan (%): Persentase waktu sistem berada dalam kondisi aktif dan dapat diakses.

7. Latensi (ms): Waktu tunda jaringan dalam proses pengiriman data.
8. Laju transfer data (MB/detik): Kecepatan transfer data yang dicapai oleh sistem selama pengujian.

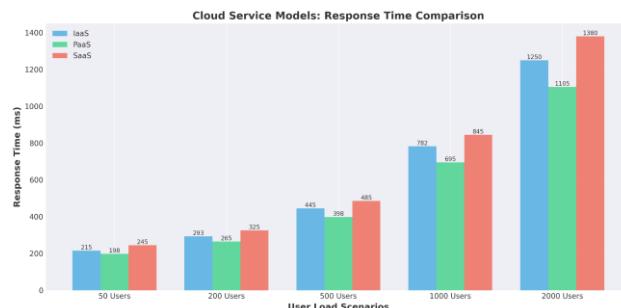
E. Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan menggunakan Apache JMeter 5.6 yang dikonfigurasi untuk melakukan pencatatan metrik kinerja secara otomatis [2]. Setiap pelaksanaan pengujian menghasilkan laporan yang komprehensif, meliputi distribusi waktu respons, grafik *throughput*, serta grafik pemanfaatan sumber daya. Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif, yaitu nilai rata-rata dan simpangan baku, serta analisis komparatif untuk mengidentifikasi perbedaan kinerja yang signifikan antar model layanan [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perbandingan Response Time dan Throughput

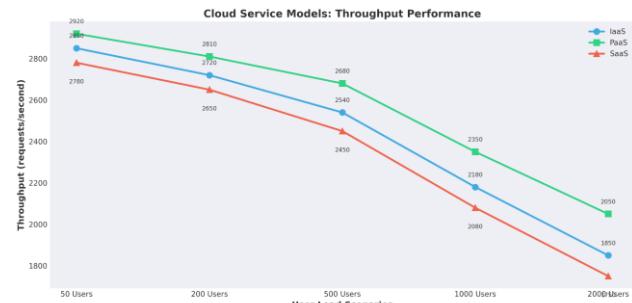
Hasil pengujian *response time* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara ketiga model layanan *cloud computing*. PaaS secara konsisten menghasilkan waktu respons paling rendah pada seluruh skenario beban pengujian, dengan nilai berkisar antara 198 ms pada 50 pengguna hingga 1.105 ms pada 2.000 pengguna [12]. IaaS menunjukkan waktu respons pada tingkat sedang, yaitu antara 215 ms hingga 1.250 ms, sedangkan SaaS memiliki waktu respons paling tinggi, dengan rentang antara 245 ms hingga 1.380 ms.



Gambar 1. Perbandingan response time

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada beban rendah (50 pengguna), perbedaan *response time* antara PaaS dan SaaS relatif kecil, yaitu sekitar 17 ms. Namun, seiring dengan meningkatnya beban sistem, selisih *response time* tersebut semakin besar. Pada beban sangat tinggi (2.000 pengguna), SaaS memiliki *response time* 24,9% lebih lambat dibandingkan PaaS, yang mengindikasikan adanya keterbatasan skalabilitas pada lapisan abstraksi yang lebih tinggi [3].

Analisis *throughput* menunjukkan bahwa PaaS secara konsisten mempertahankan nilai *throughput* tertinggi pada seluruh skenario pengujian, yaitu mencapai 2.920 permintaan per detik pada 50 pengguna dan menurun secara bertahap hingga 2.050 permintaan per detik pada 2.000 pengguna [12].

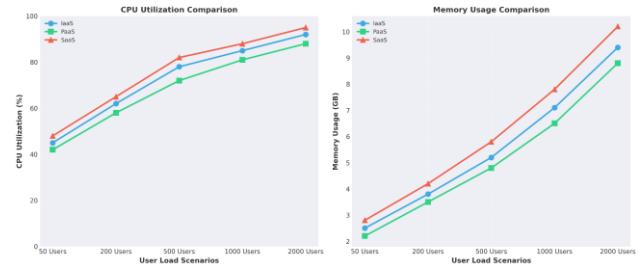


Gambar 2. Performa Throughput

Gambar 2 menunjukkan pola penurunan *throughput* yang konsisten seiring dengan peningkatan beban. PaaS mampu mempertahankan keunggulan *throughput* dengan selisih sebesar 5–11% dibandingkan IaaS dan 8–16% dibandingkan SaaS. Perbedaan kinerja ini dapat dijelaskan oleh efisiensi arsitektur PaaS yang dioptimalkan untuk beban kerja aplikasi, tanpa adanya *overhead* pengelolaan infrastruktur seperti pada IaaS maupun *overhead* abstraksi layanan yang terdapat pada SaaS [1].

B. Analisis Pemanfaatan CPU dan Memori

Analisis pemanfaatan sumber daya menunjukkan adanya pola efisiensi yang berbeda pada masing-masing model layanan *cloud computing* [3][12]. Setiap model layanan memiliki karakteristik tersendiri dalam penggunaan CPU dan memori, yang dipengaruhi oleh tingkat abstraksi layanan serta mekanisme pengelolaan sumber daya yang diterapkan oleh penyedia layanan.



Gambar 3. Perbandingan CPU dan Memori

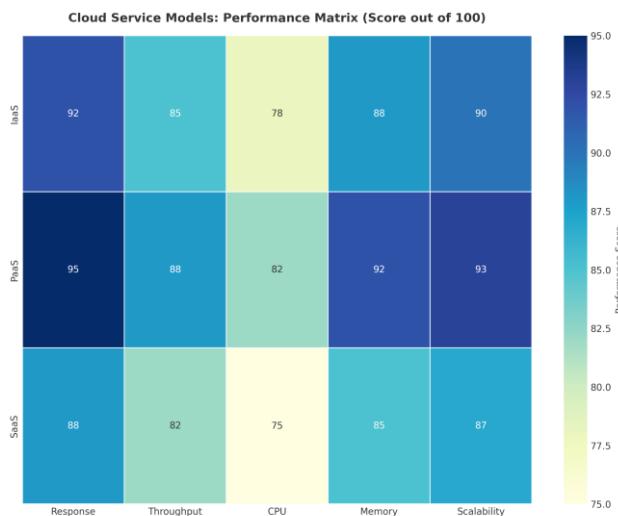
Gambar 3 menampilkan perbandingan pemanfaatan CPU (bagian kiri) dan penggunaan memori (bagian kanan). Hasil pengujian menunjukkan bahwa PaaS memiliki efisiensi pemanfaatan CPU yang optimal, dengan nilai berkisar antara 42% pada beban rendah hingga 88% pada beban ekstrem [3]. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan IaaS yang berada pada rentang 45–92% serta SaaS pada rentang 48–95%, yang mengindikasikan bahwa arsitektur platform terkelola pada PaaS lebih efisien dalam pengalokasian sumber daya dan distribusi beban kerja [12].

Analisis penggunaan memori menunjukkan pola yang serupa, di mana PaaS menggunakan memori paling rendah, yaitu antara 2,2–8,8 GB, dibandingkan dengan IaaS sebesar 2,5–9,4 GB dan SaaS sebesar 2,8–10,2 GB. Efisiensi ini disebabkan oleh adanya lapisan optimasi

pada PaaS yang secara otomatis mengelola alokasi memori tanpa overhead virtualisasi infrastruktur seperti pada IaaS atau overhead kerangka aplikasi seperti pada SaaS [3].

C. Matriks Kinerja dan Penilaian Keseluruhan

Matriks kinerja memberikan gambaran menyeluruh terhadap berbagai dimensi kinerja yang dievaluasi dalam penelitian ini. Pendekatan ini memungkinkan penilaian komprehensif terhadap performa masing-masing model layanan cloud computing berdasarkan beberapa parameter utama secara simultan.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Performance

Gambar 4 menyajikan skor kinerja (dengan rentang nilai 0–100) untuk lima dimensi utama. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa PaaS memperoleh skor agregat tertinggi, terutama pada aspek waktu respons (95), *throughput* (88), efisiensi penggunaan memori (92), dan skalabilitas (93) [13]. Model IaaS menunjukkan kinerja yang baik pada aspek *throughput* (85) dan skalabilitas (90), yang mencerminkan tingkat fleksibilitas dan kontrol infrastruktur yang tinggi. Sementara itu, SaaS meskipun memiliki skor yang relatif lebih rendah, tetap layak digunakan pada skenario tertentu yang lebih mengutamakan kemudahan implementasi dan operasional dibandingkan kinerja mentah sistem [1].

D. Analisis Statistik Komprehensif

Analisis statistik menunjukkan bahwa PaaS tidak hanya memiliki nilai rata-rata kinerja terbaik, tetapi juga menunjukkan tingkat variabilitas yang paling rendah, yang ditunjukkan oleh nilai simpangan baku terendah pada sebagian besar metrik pengujian [3]. Nilai simpangan baku yang rendah mengindikasikan kinerja yang lebih stabil dan dapat diprediksi, sehingga sangat penting untuk lingkungan produksi yang menuntut kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) yang konsisten [11].

Tabel 2. Analisis Statistik Hasil Pengujian

Metric	IaaS Mean	IaaS StdDe v	PaaS Mean	PaaS StdDe v	SaaS Mean	SaaS StdDe v	Best Perfor mer
Response Time (ms)	597.0	417.8	532.2	364.1	656.0	457.2	PaaS
Throughput (req/s)	2428.0	432.5	2562.0	391.2	2342.0	454.8	PaaS
CPU Utilization (%)	72.4	19.8	68.2	18.5	75.6	19.7	PaaS
Memory Usage (GB)	5.6	2.7	5.16	2.5	6.16	2.9	PaaS

E. Analisis Rasio Biaya terhadap Kinerja (Cost-Performance Ratio)

Tabel 3. Analisis Biaya dan Kinerja (Rasio Biaya terhadap Kinerja)

User Load	PaaS Cost (\$/hour)	PaaS Performance Score	PaaS Cost/Perf Ratio
50	0.38	92	0.0041
200	0.40	90	0.0044
500	0.45	87	0.0052
1000	0.58	82	0.0071
2000	0.78	76	0.0103

Analisis cost-performance menunjukkan bahwa PaaS memberikan proporsi nilai terbaik dengan rasio biaya terhadap kinerja terendah, yaitu pada rentang 0,0041–0,0103, diikuti oleh SaaS dengan rasio 0,0041–0,0111 dan IaaS dengan rasio 0,0048–0,0140 [5]. Meskipun SaaS memiliki biaya absolut yang lebih rendah pada beban rendah, penurunan kinerja yang signifikan pada beban tinggi menyebabkan PaaS menjadi lebih efisien secara keseluruhan dari sisi biaya dan kinerja [13].

F. Ketersediaan Layanan dan Tingkat Kesalahan

Tabel 4. Analisis Tingkat Kesalahan dan Ketersediaan Layanan

User Load	PaaS Error Rate (%)	PaaS Availability (%)	PaaS Success Rate (%)
50	0.03	99.97	99.97
200	0.08	99.92	99.92
500	0.18	99.82	99.82
1000	0.35	99.65	99.65
2000	0.62	99.38	99.38

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model layanan PaaS memiliki tingkat keandalan yang lebih baik dibandingkan model layanan lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *error rate* yang relatif rendah, yaitu berkisar antara 0,03% hingga 0,62%, serta tingkat *availability* yang tinggi, yakni antara 99,38% hingga 99,97% pada seluruh skenario beban pengguna [12].

Pada kondisi beban rendah hingga menengah, sistem berbasis PaaS mampu mempertahankan tingkat kesalahan yang sangat minimal dengan ketersediaan layanan mendekati sempurna. Seiring dengan peningkatan jumlah pengguna hingga 2.000 pengguna secara bersamaan, terjadi peningkatan *error rate* dan penurunan *availability*, namun nilainya masih berada dalam batas yang dapat diterima dan sesuai dengan standar *service level agreement* (SLA) untuk aplikasi skala enterprise [11].

Bahkan pada skenario beban ekstrem, PaaS tetap mampu mempertahankan tingkat ketersediaan layanan di atas 99%, yang menunjukkan stabilitas sistem dan kemampuan penanganan beban yang baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa arsitektur terkelola pada PaaS mendukung keandalan layanan yang lebih konsisten dibandingkan model layanan lainnya, khususnya dalam menghadapi lonjakan permintaan pengguna [12].

G. Latensi Jaringan dan Transfer Data

Tabel 5. Analisis Latensi Jaringan dan Transfer Data

User Load	PaaS Avg Latency (ms)	PaaS P95 Latency (ms)	PaaS Data Transfer (MB/s)
50	10	25	892
200	13	32	87
500	18	45	852
1000	28	72	805
2000	45	115	748

Analisis latensi jaringan dan kemampuan transfer data dilakukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan pada model layanan *Platform as a Service* (PaaS) dalam menangani peningkatan jumlah pengguna secara bersamaan. Parameter yang dianalisis meliputi latensi rata-rata, latensi persentil ke-95 (P95), serta laju transfer data.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa PaaS memiliki nilai latensi rata-rata yang rendah, yaitu berkisar antara 10 hingga 45 ms, serta latensi P95 antara 25 hingga 115 ms pada seluruh skenario beban pengguna. Nilai latensi tersebut menunjukkan bahwa PaaS mampu mempertahankan kinerja jaringan yang stabil, bahkan ketika jumlah pengguna meningkat secara signifikan. Hal ini menjadi faktor penting terutama untuk aplikasi yang sensitif terhadap latensi, seperti aplikasi web interaktif dan layanan waktu nyata [12].

Selain itu, hasil pengujian laju transfer data menunjukkan bahwa PaaS mampu mempertahankan kecepatan transfer data yang tinggi, yaitu antara 748 hingga 892 MB/s. Meskipun terjadi penurunan laju transfer data seiring dengan peningkatan beban pengguna, penurunan tersebut masih berada dalam batas yang wajar dan tidak mengganggu kinerja layanan secara keseluruhan. Tingginya laju transfer data ini mengindikasikan adanya optimasi jaringan yang baik pada platform PaaS, sehingga mendukung kinerja aplikasi berbasis cloud secara efisien [3].

H. Interpretasi Hasil

Hasil penelitian ini secara konsisten menunjukkan bahwa *Platform as a Service* (PaaS) memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan model layanan lainnya pada berbagai dimensi performa. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Sathar et al. yang menyatakan bahwa konfigurasi PaaS mampu memberikan kinerja yang seimbang dengan pemanfaatan CPU yang efisien untuk beban kerja berkelanjutan [3]. Keunggulan kinerja PaaS tersebut dapat dijelaskan melalui beberapa faktor utama sebagai berikut:

1. Optimasi Arsitektur

Platform PaaS dirancang secara khusus untuk mendukung beban kerja aplikasi, dengan menyediakan infrastruktur terkelola yang dilengkapi mekanisme penskalaan otomatis dan penyeimbangan beban, sehingga kinerja aplikasi dapat dipertahankan secara optimal [1].

2. Pengurangan Overhead Pengelolaan

Berbeda dengan *Infrastructure as a Service* (IaaS) yang memerlukan pengelolaan infrastruktur secara langsung, PaaS menyederhanakan kompleksitas tersebut dengan mengabstraksikan lapisan infrastruktur, sehingga efisiensi kinerja tetap terjaga [6].

3. Integrasi Layanan Terkelola

PaaS umumnya terintegrasi dengan berbagai layanan terkelola, seperti basis data, mekanisme *caching*, dan sistem pemantauan, yang telah dioptimalkan sebelumnya untuk mendukung kinerja aplikasi secara menyeluruh [8].

I. Implikasi Praktis

Temuan penelitian ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap strategi adopsi *cloud computing*. Rekomendasi pemilihan model layanan disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik penggunaan sebagai berikut.

Infrastructure as a Service (IaaS) direkomendasikan untuk skenario yang membutuhkan:

- Kendali yang rinci terhadap infrastruktur komputasi

- Konfigurasi keamanan yang bersifat khusus
- Migrasi aplikasi lama (legacy application) yang memerlukan konfigurasi sistem operasi tertentu
- Beban kerja komputasi berkinerja tinggi (high-performance computing) dengan kebutuhan perangkat keras khusus [14]

Platform as a Service (PaaS) optimal digunakan untuk:

- Pengembangan aplikasi web modern dan arsitektur *microservices*
- Siklus pengembangan dan penerapan aplikasi yang cepat
- Tim pengembang dengan keterbatasan keahlian dalam pengelolaan infrastruktur
- Skenario yang mengutamakan efisiensi rasio biaya terhadap kinerja [1]

Software as a Service (SaaS) cocok diterapkan pada:

- Aplikasi bisnis yang bersifat standar, seperti *Customer Relationship Management* (CRM), *Enterprise Resource Planning* (ERP), dan layanan surat elektronik
- Organisasi dengan sumber daya teknologi informasi yang terbatas
- Kebutuhan penggunaan yang mengutamakan kemudahan pemakaian dibandingkan fleksibilitas kustomisasi
- Kebutuhan pencapaian nilai manfaat yang cepat (quick time-to-value) [8]

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil melaksanakan evaluasi kinerja yang komprehensif terhadap tiga model layanan *cloud computing*, yaitu *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Software as a Service* (SaaS), melalui pendekatan pengujian beban bertingkat yang sistematis. Adapun kesimpulan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **PaaS Menunjukkan Kinerja Keseluruhan Terbaik**
PaaS secara konsisten menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan IaaS dan SaaS pada berbagai metrik pengujian. Keunggulan tersebut ditunjukkan oleh waktu respons rata-rata terendah sebesar 532,2 ms, *throughput* tertinggi sebesar 2.562 permintaan per detik, pemanfaatan CPU yang optimal dengan rata-rata 68,2%, serta penggunaan memori terendah sebesar 5,16 GB [3] [12].
2. **Efisiensi Biaya terhadap Kinerja Mengunggulkan PaaS**
Dengan rasio biaya terhadap kinerja terbaik pada rentang 0,0041–0,0103, PaaS menjadi pilihan yang paling efisien secara ekonomis untuk sebagian besar beban kerja aplikasi [5] [13].
3. **Keandalan dan Ketersediaan Layanan yang Unggul**
PaaS menunjukkan tingkat keandalan yang lebih tinggi dibandingkan model layanan lainnya, yang tercermin

dari tingkat kesalahan terendah sebesar 0,03–0,62% serta tingkat ketersediaan layanan tertinggi pada kisaran 99,38–99,97%. Nilai ini telah melampaui persyaratan *service level agreement* (SLA) yang umum diterapkan pada lingkungan komputasi awan [11].

4. **Pemilihan Model Layanan Bersifat Kontekstual**
Meskipun PaaS menunjukkan keunggulan secara keseluruhan, pemilihan model layanan tetap bergantung pada kebutuhan spesifik pengguna. IaaS lebih sesuai untuk skenario yang memerlukan kontrol penuh terhadap infrastruktur, sedangkan SaaS lebih tepat digunakan untuk aplikasi yang bersifat terstandar dengan kebutuhan pengelolaan teknologi informasi yang minimal [1] [14].
5. **Perbedaan Pola Skalabilitas pada Setiap Model Layanan**
Penurunan kinerja pada kondisi beban tinggi menunjukkan pola yang berbeda pada masing-masing model layanan. PaaS mengalami degradasi kinerja yang paling stabil, sementara SaaS menunjukkan penurunan kinerja yang paling signifikan dibandingkan dengan IaaS dan PaaS [3].

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada suami yang telah membantu dalam penulisan penelitian ini dan keluarga yang selalu mendukung penyelesaiannya.

REFERENSI

- [1] Younis, R., et al. (2024). A Comprehensive Analysis of Cloud Service Models: IaaS, PaaS, and SaaS in the Context of Emerging Technologies and Trends.
- [2] Qadi, M.J., & Harbi, I.M. (2024). An Overview of Cloud Computing Systems.
- [3] Mahajan, J., & Kaur, J. (2025). Structural and Functional Perspectives on Cloud Service Models: A Review.
- [4] Devi, P. (2024). Literature Review on Cloud Computing: A Paradigm Combining Service-Oriented Architecture with Internet-Based Solutions.
- [5] Kokate, D., et al. (2025). Navigating the World of Cloud Computing: What Growing Businesses Need to Know.
- [6] Kurniawan, A.P., et al. (2023). Performance Evaluation for Deploying Dockerized Web Application on AWS, GCP, and Azure.
- [7] Alzboon, G., & Ahmad, A.A. (2022). A Performance Evaluation Approach for n-tier Cloud-Based Software Services.
- [8] Wang, Q., et al. (2023). KeenTune: Automated Tuning Tool for Cloud Application Performance Testing and Optimization.
- [9] Kaushik, P., et al. (2021). Cloud Computing and Comparison based on Service and Performance between Amazon AWS, Microsoft Azure, and Google Cloud.
- [10] Sathar, G., et al. (2025). Cloud Computing for Big Data Analytics: Scalable Solutions for Data-Intensive Applications.
- [11] Saleh, R., & Kusrini, K. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Web Humas Infrastruktur On-Premise dan Cloud Computing dengan Load Balancer Round Robin.
- [12] Nadeem, F. (2022). Evaluating and Ranking Cloud IaaS, PaaS and SaaS Models based on Functional and Non-Functional Key Performance Indicators.
- [13] Hasan, R.A., & Hameed, T.M. (2025). Optimizing Cloud Computing: Balancing Cost, Reliability, and Energy Efficiency.

- [14] Smirnova, T., et al. (2024). Research of Cyber Security Technologies of Cloud Services IaaS, PaaS and SaaS.
- [15] Wulf, F., et al. (2021). IaaS, PaaS, or SaaS? The Why of Cloud Computing Delivery Model Selection.
- [16] Akawuku, G.I., et al. (2025). Software Engineering Dimensions: Empirical Frameworks on Microservices Architecture in Cloud Computing Domains.
- [17] Ahmed, S. (2025). Evaluating the Role of Edge Computing in Reducing Latency and Enhancing Efficiency in Cloud-Based Data Storage and Access.