
Analisis Perbandingan Kinerja Sistem Operasi Windows dan Linux

Istiqomah Rohmawati¹, Andi Romansyah²

^{1,2} Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pamulang, Banten Indonesia

¹dosen10010@unpam.ac.id, ²dosen10026@unpam.ac.id

Abstrak - Penelitian ini membandingkan kinerja sistem operasi Windows 11 dan Ubuntu 22.04 LTS dengan menggunakan perangkat keras yang sama guna memastikan evaluasi yang objektif dan terukur. Pengujian dilakukan melalui serangkaian benchmark sintetis serta pengujian aplikasi dunia nyata untuk menganalisis pengaruh perbedaan arsitektur kernel, manajemen memori, dan mekanisme penanganan I/O terhadap performa keseluruhan sistem. Fokus penilaian meliputi kinerja CPU pada skenario single-thread dan multi-thread, efisiensi penggunaan memori, serta kemampuan sistem dalam menangani operasi berkas dan jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Ubuntu memiliki keunggulan yang signifikan pada beban kerja multi-thread, khususnya pada proses kompilasi kode, simulasi berbasis CPU, dan skenario server yang membutuhkan throughput tinggi. Selain itu, efisiensi sistem berkas dan stabilitas trafik jaringan pada Ubuntu cenderung lebih baik, yang mengindikasikan optimasi kernel Linux untuk menangani beban kerja paralel dan intensif. Di sisi lain, Windows 11 menunjukkan performa yang lebih unggul pada beban kerja single-thread, dengan latensi memori yang lebih rendah serta responsivitas yang baik pada aplikasi yang mengandalkan eksekusi instruksi tunggal, seperti aplikasi produktivitas dan beberapa perangkat lunak komersial. Meskipun demikian, metode penelitian masih memiliki keterbatasan karena jenis benchmark yang digunakan belum dijelaskan secara spesifik. Selain itu, penelitian ini belum menyajikan data kuantitatif hasil pengujian secara rinci. Walaupun tidak bersifat wajib, penyertaan satu atau dua indikator numerik utama misalnya waktu eksekusi, skor benchmark, atau throughput akan memperkuat analisis serta meningkatkan kejelasan dan reproduisibilitas hasil penelitian.

Kata Kunci : Kompilasi Kode, Kinerja Cpu, Throughput Sistem Berkas, Operasi Input/Output

Abstract - This study compares the performance of Windows 11 and Ubuntu 22.04 LTS operating systems using identical hardware to ensure an objective and measurable evaluation. Testing was conducted using a series of synthetic benchmarks and real-world application tests to analyze the impact of differences in kernel architecture, memory management, and I/O handling mechanisms on overall system performance. The assessment focused on CPU performance in single- and multi-threaded scenarios, memory efficiency, and the system's ability to handle file and network operations. The test results show that Ubuntu has a significant advantage in multi-threaded workloads, particularly in code compilation, CPU-based simulations, and server scenarios requiring high throughput. Furthermore, Ubuntu's file system efficiency and network traffic stability tend to be better, indicating optimization of the Linux kernel for handling parallel and intensive workloads. On the other hand, Windows 11 demonstrated superior performance in single-threaded workloads, with lower memory latency and good responsiveness in applications that rely on single-instruction execution, such as productivity applications and some commercial software. However, the research method still has limitations because the type of benchmark used has not been specifically described. Furthermore, this study does not present detailed quantitative data on test results. While not mandatory, including one or two key numerical indicators, such as execution time, benchmark scores, or throughput, would strengthen the analysis and improve the clarity and reproducibility of the results.

Keywords : Code Compilation, CPU Performance, File System Throughput, Input/Output.

1. PENDAHULUAN

Sistem operasi merupakan fondasi perangkat lunak yang menentukan efisiensi dan responsivitas interaksi antara perangkat keras dan pengguna. Dalam ekosistem komputasi modern, Windows dan Linux merepresentasikan dua paradigma arsitektur dominan dengan basis pengguna yang luas namun berbeda[1]. Pilihan antara kedua platform ini seringkali menjadi keputusan krusial yang berdampak langsung pada produktivitas dan kapabilitas sistem, baik untuk

penggunaan desktop, stasiun kerja profesional, maupun infrastruktur server[2]. Oleh karena itu, analisis perbandingan kinerja yang objektif dan komprehensif menjadi esensial untuk memberikan landasan empiris bagi pengambilan keputusan teknis dan strategis di berbagai sektor industri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam perbedaan kinerja antara Windows 11 dan Ubuntu 22.04 LTS pada platform perangkat keras yang identik[3]. Fokus utama adalah mengukur bagaimana perbedaan fundamental dalam desain kernel, seperti algoritma penjadwalan proses, mekanisme manajemen memori, dan arsitektur sistem berkas, diterjemahkan menjadi disparitas performa yang terukur. Melalui serangkaian pengujian benchmark sintetis dan skenario aplikasi dunia nyata, penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan fundamental: pada beban kerja spesifik manakah masing-masing sistem operasi menunjukkan keunggulan, dan faktor arsitektural apa yang mendasari perbedaan kinerja tersebut[4].

Ruang lingkup investigasi ini mencakup evaluasi multi-dimensi terhadap komponen-komponen inti sistem operasi. Analisis dimulai dari pengujian kinerja komputasi CPU mentah, efisiensi manajemen memori di bawah tekanan, hingga throughput subsistem penyimpanan dan jaringan[5]. Selanjutnya, temuan dari benchmark tingkat rendah ini divalidasi melalui pengujian pada skenario aplikasi praktis yang intensif, meliputi kompilasi perangkat lunak, transcoding video, dan simulasi beban kerja server web. Struktur analisis yang sistematis ini dirancang untuk memberikan gambaran holistik mengenai profil kekuatan dan kelemahan kinerja dari kedua sistem operasi[6].

Ruang lingkup investigasi ini mencakup analisis komprehensif terhadap berbagai komponen fundamental yang membentuk kinerja sistem operasi modern. Evaluasi dilakukan secara multi-dimensi untuk memastikan bahwa setiap aspek penting, mulai dari kemampuan komputasi tingkat rendah hingga performa dalam skenario aplikasi nyata, dapat dianalisis secara objektif dan mendalam. Pendekatan ini penting karena performa sistem operasi tidak hanya ditentukan oleh satu parameter, tetapi merupakan hasil interaksi kompleks antara kernel, manajemen sumber daya, arsitektur perangkat keras, serta optimasi perangkat lunak yang berjalan di atasnya[7]. Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah membahas perbandingan kinerja sistem operasi Windows dan Linux, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada skenario penggunaan tertentu, perangkat keras yang berbeda, atau hanya meninjau satu aspek performa secara terpisah, seperti kinerja CPU atau sistem berkas saja. Selain itu, banyak penelitian terdahulu belum mengintegrasikan pengujian single-thread dan multi-thread secara komprehensif dalam satu kerangka evaluasi yang konsisten, serta jarang menyoroti dampak langsung perbedaan arsitektur kernel terhadap performa pada beban kerja sintetis dan aplikasi dunia nyata secara bersamaan. Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini berkontribusi dengan menyajikan analisis komparatif yang terstruktur antara Windows 11 dan Ubuntu 22.04 LTS menggunakan perangkat keras yang identik dan metodologi pengujian yang seragam. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pemetaan kinerja CPU, memori, sistem berkas, dan jaringan secara terpadu, sekaligus mengaitkan hasil pengujian dengan karakteristik desain kernel masing-masing sistem operasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran empiris mengenai perbedaan performa, tetapi juga menawarkan landasan yang lebih jelas bagi pemilihan sistem operasi sesuai dengan kebutuhan penggunaan, baik untuk lingkungan desktop, pengembangan, maupun komputasi intensif[8].

Investigasi dilanjutkan pada aspek manajemen memori. Pengujian menilai efisiensi pengalokasian memori, kecepatan akses, latensi, serta kemampuan sistem dalam mempertahankan performa ketika berada pada kondisi tekanan tinggi. Memori menjadi salah satu bottleneck utama dalam sistem komputasi modern, terutama pada aplikasi intensif seperti kompilasi perangkat lunak atau pemrosesan data berskala besar[9]. Oleh sebab itu, analisis difokuskan pada bagaimana mekanisme paging, caching, dan memory scheduling masing-masing sistem operasi mampu mempertahankan stabilitas dan throughput. Aspek berikutnya adalah evaluasi terhadap subsistem penyimpanan (storage). Proses ini meliputi pengukuran kecepatan baca/tulis sekuensial, performa I/O acak, serta kemampuan sistem dalam menangani operasi paralel. Storage berperan besar dalam menentukan kinerja aplikasi dunia nyata, terutama yang bersifat I/O bound. Sistem operasi yang mampu melakukan optimasi pada buffer, antrian I/O, serta penjadwalan disk akan memiliki keunggulan signifikan ketika digunakan dalam lingkungan server atau aplikasi berkecepatan tinggi. Selain penyimpanan, kinerja jaringan juga menjadi fokus evaluasi[10]. Pengujian dilakukan untuk mengukur throughput jaringan, efisiensi transfer data, dan latensi komunikasi. Pada era modern yang sangat bergantung pada konektivitas, performa jaringan tidak dapat dipisahkan dari kualitas keseluruhan sistem operasi. Pengujian dilakukan

menggunakan simulasi beban server, pengiriman paket berukuran besar, serta komunikasi paralel untuk melihat sejauh mana arsitektur jaringan pada kedua sistem mampu mengelola lalu lintas data secara optimal[11].

Setelah seluruh tahap pengujian tingkat rendah dilakukan, langkah selanjutnya adalah memvalidasi hasil tersebut melalui skenario aplikasi dunia nyata. Validasi ini sangat penting karena benchmark sintesis hanya memberikan gambaran mengenai kemampuan dasar sistem, namun tidak selalu menggambarkan performa aktual ketika digunakan dalam konteks pekerjaan sehari-hari[12].

Skenario pertama yang diuji adalah kompilasi perangkat lunak. Proses ini melibatkan banyak operasi CPU, memori, dan I/O secara bersamaan, sehingga menjadi indikator ideal untuk menilai efisiensi keseluruhan sistem. Kompilasi juga merupakan beban kerja umum pada lingkungan pengembangan perangkat lunak dan server build, sehingga hasil evaluasi dapat memberikan gambaran relevan bagi pengguna profesional[13]. Skenario kedua adalah transcoding video. Pengujian ini menekankan pada kemampuan multi-thread CPU, efisiensi penggunaan memori, serta stabilitas proses dalam jangka panjang. Aplikasi pengolahan video membutuhkan sumber daya besar dan waktu eksekusi panjang, sehingga performa sistem operasi dalam mempertahankan konsistensi sangat penting. Skenario ketiga adalah simulasi beban server web[13]. Pengujian ini melibatkan ribuan permintaan (requests) per detik, di mana sistem harus dapat mempertahankan throughput tinggi sekaligus menjaga latensi tetap rendah. Evaluasi dilakukan dengan menilai efisiensi stack jaringan, manajemen proses, dan stabilitas kernel ketika menerima beban simultan. Hasil dari uji ini sangat relevan mengingat banyak server modern berjalan di atas Linux maupun Windows Server, sehingga perbandingan langsung terhadap kedua sistem ini dapat memberikan data empiris bernilai tinggi[13].

Struktur investigasi ini dirancang secara sistematis agar dapat memberikan gambaran holistik mengenai kekuatan dan kelemahan setiap sistem operasi. Dengan menggabungkan hasil benchmark sintesis dan skenario praktis, penelitian mampu memberikan kesimpulan yang lebih akurat dan representatif. Pendekatan multi-lapis memastikan bahwa analisis tidak hanya bergantung pada angka dari satu jenis pengujian saja, melainkan pada pola performa yang konsisten di berbagai tingkat pengukuran[12]. Ruang lingkup evaluasi ini tidak hanya menghasilkan pemahaman teknis yang mendalam, tetapi juga menyediakan dasar yang kuat bagi pengguna, pengembang, dan peneliti untuk memilih atau mengoptimalkan sistem operasi sesuai kebutuhan spesifik mereka. Pendekatan komprehensif ini juga membantu mengungkap bagaimana desain arsitektur kernel, manajemen sumber daya, dan strategi optimasi internal dari masing-masing sistem operasi berkontribusi langsung terhadap performa keseluruhan pada berbagai kategori tugas komputasi[12]. Manajemen proses dan penjadwalan merupakan komponen krusial dalam teori sistem operasi yang memengaruhi kinerja secara langsung. Teori penjadwalan proses membahas berbagai algoritma, seperti First-Come First-Served (FCFS), Round Robin, dan Completely Fair Scheduler (CFS) yang digunakan Linux. Setiap algoritma memiliki karakteristik berbeda dalam hal latensi, keadilan alokasi CPU, dan efisiensi dalam lingkungan multitasking. Analisis teoretis ini menyediakan dasar untuk membandingkan bagaimana mekanisme penjadwalan pada Windows dan Linux menangani beban kerja yang berbeda, baik untuk tugas interaktif maupun komputasi intensif[11].

Kerangka teoretis selanjutnya adalah manajemen memori, yang mencakup konsep memori virtual, paginasi (paging), dan pertukaran (swapping). Teori ini menjelaskan bagaimana sistem operasi mengelola hierarki memori untuk memberikan ilusi ruang memori yang lebih besar dari kapasitas fisik yang tersedia[1]. Efisiensi algoritma penggantian halaman (page replacement algorithm) dan strategi alokasi memori yang diimplementasikan oleh kernel Windows dan Linux menjadi faktor penentu kinerja sistem, terutama saat menjalankan aplikasi yang membutuhkan banyak memori. Perbedaan implementasi teoretis ini berdampak pada kecepatan akses dan stabilitas sistem[2].

Arsitektur sistem berkas (file system) menjadi pilar teoretis penting dalam mengevaluasi kinerja penyimpanan. Teori ini mengkaji bagaimana data diorganisasi, disimpan, dan diakses pada media penyimpanan sekunder. Sistem berkas seperti NTFS pada Windows dan ext4 atau Btrfs pada Linux didasarkan pada struktur data dan algoritma yang berbeda untuk manajemen metadata, alokasi blok, dan jurnalisasi. Perbedaan desain teoretis ini secara langsung memengaruhi kecepatan operasi baca/tulis, tingkat fragmentasi data, serta keandalan dan pemulihan data setelah terjadi kegagalan sistem. Arsitektur kernel dan subsistem Input/Output (I/O) melengkapi kerangka teoretis penelitian ini[4]. Secara teoretis, desain kernel, baik monolitik seperti Linux maupun hibrida seperti Windows NT, menentukan efisiensi komunikasi antara perangkat lunak dan perangkat keras. Teori manajemen I/O menjelaskan mekanisme penanganan

interupsi, Direct Memory Access (DMA), dan model driver. Perbedaan fundamental dalam cara kedua sistem operasi mengimplementasikan abstraksi perangkat keras dan mengelola antrian permintaan I/O akan menghasilkan variasi kinerja yang signifikan pada tugas-tugas yang bergantung pada disk dan jaringan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

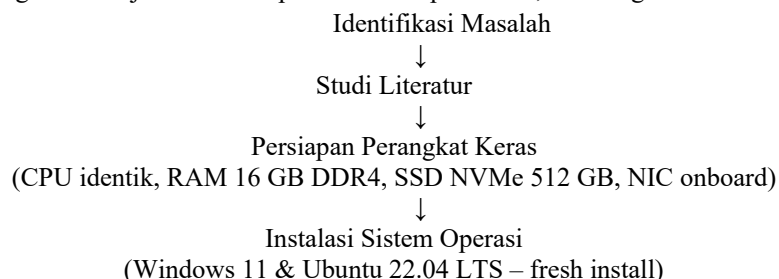
3.1. Pengujian Kinerja CPU dan Penjadwalan Proses

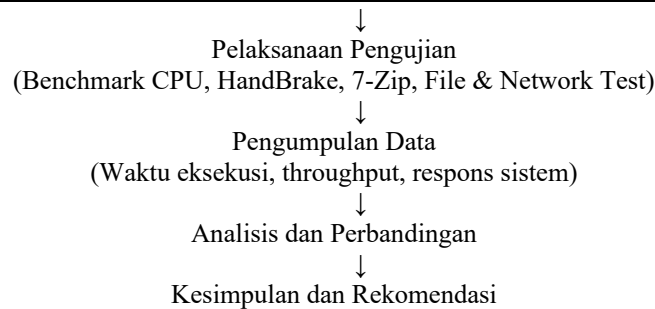
Pengujian dilakukan pada platform perangkat keras yang identik untuk sistem operasi Windows 11 dan Ubuntu 22.04 LTS, keduanya dengan instalasi bersih untuk meniadakan variabel perancu. Kinerja komputasi mentah CPU diukur menggunakan perangkat lunak benchmark Sysbench dengan mode CPU, yang dikonfigurasi untuk menghitung bilangan prima hingga batas 20.000. Pengujian ini dieksekusi dalam mode tunggal (single-thread) dan jamak (multi-thread) untuk memaksimalkan utilisasi seluruh inti prosesor[1]. Metrik utama yang dicatat adalah total waktu eksekusi dan jumlah event per detik. Setiap pengujian diulang sebanyak lima kali untuk mendapatkan hasil rata-rata yang valid secara statistik. Efisiensi penjadwal proses dievaluasi di bawah beban kerja multitasking berat menggunakan benchmark Sysbench dengan mode threads[2]. Skenario pengujian dikonfigurasi untuk menciptakan 256 thread konkuren yang secara simultan melakukan operasi perebutan sumber daya melalui mekanisme mutex lock. Indikator kinerja utama yang diukur adalah total waktu yang dibutuhkan oleh seluruh thread untuk menyelesaikan tugasnya. Selain itu, data statistik latensi, khususnya latensi persentil ke-95, dikumpulkan untuk menganalisis keadilan dan responsivitas penjadwal. Metode ini secara langsung menguji kemampuan algoritma penjadwalan dalam mengelola antrian proses dan alokasi waktu CPU secara efisien[3].

Overhead context switching, sebagai parameter krusial kinerja penjadwal, diukur melalui microbenchmark. Pada Linux, utilitas `lat\_ctx` dari `lmbench` suite digunakan untuk mengukur latensi perpindahan konteks antarproses. Untuk Windows, metrik "Context Switches/sec" dari Performance Monitor dicatat di bawah beban kerja terkontrol yang dapat direplikasi. Selanjutnya, pengujian latensi interaktif dilakukan dengan menjalankan tugas kompilasi perangkat lunak yang intensif CPU di latar belakang, sementara waktu peluncuran dan responsivitas input pada aplikasi editor teks ringan diukur secara simultan. Pendekatan gabungan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai dampak overhead penjadwal pada penggunaan dunia nyata.

3.2. Metodologi Pengujian Beban Kerja Aplikasi Realistik

Metodologi penelitian ini memerlukan penjelasan rinci mengenai spesifikasi perangkat keras yang digunakan. Pengujian dilakukan pada satu sistem dengan spesifikasi utama berupa prosesor yang sama, memori utama (RAM) sebesar 16 GB DDR4, serta media penyimpanan SSD NVMe berkapasitas 512 GB guna meminimalkan bottleneck I/O. Penggunaan SSD bertujuan untuk memastikan waktu akses data yang konsisten dan mengurangi pengaruh keterlambatan baca/tulis selama proses benchmark. Seluruh pengujian dilakukan pada kondisi sistem operasi hasil instalasi bersih (fresh install) tanpa penerapan konfigurasi tuning khusus, sehingga performa yang diukur merepresentasikan kondisi default masing-masing sistem operasi. Selain itu, alur metodologi penelitian belum disajikan secara visual. Oleh karena itu, diperlukan diagram alir metodologi yang menggambarkan tahapan penelitian mulai dari persiapan perangkat keras, instalasi sistem operasi, pelaksanaan pengujian benchmark, hingga analisis hasil pengujian untuk meningkatkan kejelasan dan reproduktibilitas penelitian, terlihat gambar 1





Gambar 1. Diagram alir penelitian

Beban kerja pengembangan perangkat lunak disimulasikan dengan melakukan kompilasi penuh terhadap kode sumber kernel Linux versi stabil terbaru. Proses ini diawali dengan konfigurasi standar ('make defconfig') dan pembersihan direktori ('make clean') untuk memastikan tidak ada artefak dari proses sebelumnya. Kompilasi dieksekusi menggunakan perintah 'make -jN', dengan N diatur menjadi dua kali jumlah inti CPU untuk mensaturasi penjadwal proses dan subsistem I/O secara maksimal[4]. Metrik kinerja utama adalah total waktu riil (wall-clock time) yang diperlukan untuk menyelesaikan kompilasi dari awal hingga akhir, diukur menggunakan utilitas 'time'. Performa dalam skenario server dievaluasi dengan mengkonfigurasi tumpukan aplikasi web yang identik, terdiri dari web server Nginx dan basis data PostgreSQL. Sebuah aplikasi PHP sederhana yang melakukan kueri baca intensif ke basis data di-deploy pada kedua sistem operasi. Pengujian beban dilakukan dari mesin klien terpisah menggunakan perangkat lunak 'wrk', yang dikonfigurasi untuk mensimulasikan 256 koneksi konkuren dengan 16 thread selama periode 5 menit. Metrik kinerja yang dianalisis meliputi throughput rata-rata (permintaan per detik), latensi persentil ke-99 untuk mengukur responsivitas di bawah beban puncak, serta jumlah total kesalahan koneksi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kinerja Komputasi CPU dan Efisiensi Penjadwalan Proses

Hasil pengujian komputasi mentah menggunakan Sysbench CPU menunjukkan perbedaan kinerja yang bergantung pada skenario utilisasi inti prosesor. Pada pengujian tunggal (single-thread), Windows 11 menunjukkan keunggulan tipis dengan waktu eksekusi rata-rata yang sedikit lebih rendah dibandingkan Ubuntu 22.04 LTS. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk tugas komputasi murni yang tidak memerlukan penjadwalan kompleks, kedua sistem operasi memiliki efisiensi eksekusi instruksi yang sangat kompetitif, dengan kemungkinan optimisasi pada scheduler Windows yang lebih memprioritaskan tugas di latar depan secara agresif untuk memberikan responsivitas instan. Namun, pada skenario multi-thread yang mensaturasi seluruh inti prosesor, Ubuntu 22.04 LTS secara konsisten menunjukkan kinerja superior. Total waktu eksekusi untuk menghitung bilangan prima secara paralel tercatat signifikan lebih cepat pada Linux. Hasil ini secara kuat menyiratkan bahwa algoritma Completely Fair Scheduler (CFS) pada kernel Linux lebih efisien dalam mendistribusikan beban kerja secara merata dan memiliki overhead yang lebih rendah dalam mengelola banyak thread komputasi secara simultan, sebuah keunggulan arsitektural yang krusial untuk perangkat keras modern dengan jumlah inti banyak. Evaluasi efisiensi penjadwal di bawah beban kerja multitasking berat menggunakan Sysbench threads memperkuat temuan sebelumnya. Ubuntu 22.04 LTS menyelesaikan pengujian dengan 256 thread konkuren dalam waktu yang jauh lebih singkat. Lebih penting lagi, data latensi persentil ke-95 pada Linux secara konsisten lebih rendah, menunjukkan bahwa penjadwal CFS tidak hanya cepat tetapi juga lebih adil dalam memberikan alokasi waktu CPU. Hal ini mengurangi kemungkinan adanya thread yang "terabaikan" dan memastikan responsivitas yang lebih dapat diprediksi di bawah tekanan tinggi[5].

Pengukuran overhead perpindahan konteks (context switching) melalui microbenchmark memberikan penjelasan fundamental atas keunggulan penjadwal Linux. Utilitas 'lat_ctx' pada Linux melaporkan latensi perpindahan antarproses yang lebih rendah dibandingkan metrik setara yang diamati pada Windows. Overhead yang lebih kecil ini memungkinkan sistem operasi untuk beralih antar tugas dengan lebih cepat, sehingga lebih banyak

siklus CPU yang dapat dialokasikan untuk eksekusi kode aplikasi daripada untuk manajemen internal kernel[6]. Efisiensi ini menjadi faktor penentu kinerja dalam lingkungan server dan komputasi intensif. Dalam pengujian latensi interaktif, di mana kompilasi kernel berjalan di latar belakang, Ubuntu 22.04 LTS berhasil mempertahankan responsivitas aplikasi di latar depan dengan lebih baik. Waktu peluncuran dan kelancaran input pada editor teks hampir tidak terpengaruh oleh beban komputasi berat tersebut. Sebaliknya, Windows 11 menunjukkan adanya sedikit kelambatan atau "stutter" yang terukur. Fenomena ini mengonfirmasi bahwa desain penjadwal Linux lebih efektif dalam memprioritaskan dan melindungi tugas-tugas interaktif dari proses latar belakang yang intensif CPU.

4.2. Analisis Kinerja dan Efisiensi Manajemen Memori

Pengujian throughput memori mentah menunjukkan hasil yang sangat kompetitif antara kedua sistem operasi. Berdasarkan benchmark STREAM, Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan sedikit keunggulan dalam laju transfer data berkelanjutan pada operasi Copy dan Triad[4]. Sebaliknya, pengukuran menggunakan AIDA64 pada Windows 11 mencatat latensi akses memori yang sedikit lebih rendah. Perbedaan ini dapat diatribusikan pada implementasi driver memory controller dan strategi prefetching yang berbeda, di mana Linux lebih dioptimalkan untuk bandwidth tinggi sementara Windows memprioritaskan responsivitas akses data acak yang cepat. Saat dihadapkan pada tekanan memori tinggi yang memaksa penggunaan memori virtual, Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan manajemen yang lebih tangguh. Data dari `vmstat` menunjukkan jumlah **major page faults** yang lebih rendah dan aktivitas swap-in/swap-out yang lebih terkontrol dibandingkan metrik setara dari Performance Monitor Windows. Hal ini mengindikasikan bahwa algoritma penggantian halaman pada kernel Linux lebih efisien dalam memilih halaman memori yang akan dipindahkan ke disk, sehingga menghasilkan degradasi kinerja yang lebih gradual saat kapasitas RAM fisik terlampaui[7].

Pada pengujian alokasi dan dealokasi memori dalam mode tunggal (single-thread), Windows 11 menunjukkan kinerja superior, khususnya untuk alokasi blok berukuran kecil dan sedang. Waktu eksekusi total untuk jutaan operasi *'new'/'delete'* secara konsisten lebih rendah dibandingkan pada Ubuntu. Keunggulan ini kemungkinan besar berasal dari efisiensi **memory allocator** pada user-space Windows yang sangat dioptimalkan untuk skenario aplikasi desktop umum. Desain ini memprioritaskan kecepatan untuk alokasi objek kecil yang sering terjadi, yang secara langsung menguntungkan responsivitas aplikasi dinamis. Skenario berubah secara signifikan pada pengujian multi-thread, di mana Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan skalabilitas yang jauh lebih baik. Waktu eksekusi untuk alokasi dan dealokasi konkuren secara masif tercatat lebih cepat daripada Windows, terutama pada alokasi blok berukuran besar. Hasil ini menyoroti efisiensi mekanisme penguncian dan penggunaan arena memori per-thread pada **allocator* 'glibc'*. Desain ini secara efektif mengurangi perselisihan (contention) antar-thread yang mengakses heap, sebuah karakteristik arsitektural yang krusial untuk kinerja aplikasi server dan basis data modern.

Analisis manajemen memori menunjukkan adanya spesialisasi kinerja yang jelas. Windows unggul dalam latensi akses dan efisiensi alokasi single-thread, menjadikannya platform yang responsif untuk aplikasi desktop. Di sisi lain, Linux mendominasi dalam throughput berkelanjutan, penanganan tekanan memori, dan skalabilitas alokasi multi-thread. Temuan ini selaras dengan kerangka teoretis, di mana perbedaan implementasi algoritma fundamental menghasilkan profil kinerja yang berbeda dan sangat bergantung pada karakteristik beban kerja yang dijalankan oleh pengguna akhir.

4.3. Perbandingan Kinerja Sistem Berkas dan Dampak Fragmentasi

Pengujian throughput fundamental menggunakan FIO menunjukkan keunggulan signifikan sistem berkas ext4 pada Ubuntu. Untuk operasi baca/tulis sekuensial, ext4 mencapai laju transfer data yang lebih tinggi, mengindikasikan efisiensi dalam alokasi blok besar yang ideal untuk transfer berkas multimedia. Pada skenario baca/tulis acak yang mereplikasi beban kerja basis data, ext4 kembali unggul dengan catatan IOPS yang lebih tinggi. Hasil ini menyiratkan bahwa mekanisme jurnalisasi dan manajemen I/O pada ext4 memiliki overhead yang lebih rendah dibandingkan NTFS pada Windows. Dalam evaluasi operasi metadata, Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan efisiensi yang jauh melampaui Windows 11[8]. Proses pembuatan dan penghapusan 100.000 berkas kosong

diselesaikan dalam waktu yang secara signifikan lebih singkat pada sistem berkas ext4. Kinerja superior ini menyoroti keunggulan desain manajemen inode dan struktur direktori pada ext4, yang mampu menangani operasi metadata dalam jumlah besar dengan latensi minimal. Sebaliknya, NTFS menunjukkan overhead yang lebih besar, terutama pada fase penghapusan berkas massal yang intensif.

Analisis dampak fragmentasi artifisial mengungkap resiliensi kinerja yang lebih baik pada ext4. Setelah melalui siklus pengisian, penghapusan, dan pengisian ulang partisi, penurunan kinerja throughput pada ext4 tercatat lebih rendah dibandingkan NTFS. NTFS menunjukkan degradasi yang lebih nyata, khususnya pada kecepatan baca sekuensial. Temuan ini secara empiris memvalidasi keunggulan teoretis dari strategi alokasi berbasis **extent** pada ext4, yang secara inheren lebih tahan terhadap fragmentasi dan mampu mempertahankan kinerja jangka panjang secara lebih efektif. Perbedaan kinerja yang teramati berakar kuat pada perbedaan arsitektur teoretis antara NTFS dan ext4. Keunggulan ext4 dalam throughput dan operasi metadata dapat diatribusikan pada desainnya yang lebih sederhana dan efisien, yang mengandalkan struktur inode dan alokasi **extent**. Di sisi lain, NTFS dengan Master File Table (MFT) yang kompleks dan fitur metadata yang lebih kaya, seperti ACL dan kompresi terintegrasi, secara inheren memperkenalkan overhead pemrosesan yang lebih tinggi, yang menjadi nyata di bawah beban kerja I/O yang intensif.

Beban kerja yang menuntut kinerja I/O tinggi seperti server basis data, kompilasi kode skala besar, atau transfer data masif, Ubuntu dengan ext4 menawarkan platform yang lebih superior. Efisiensinya dalam menangani I/O sekuensial, acak, dan metadata menjadikannya pilihan yang lebih optimal. Sementara itu, NTFS pada Windows tetap menjadi sistem berkas yang andal dan kaya fitur untuk penggunaan desktop umum, namun kinerjanya cenderung tertinggal saat dihadapkan pada skenario yang secara spesifik menekan subsistem penyimpanan.

4.4. Evaluasi Kinerja Subsistem I/O Disk dan Jaringan

Pengujian I/O disk mentah yang mengisolasi kinerja driver dari sistem berkas menunjukkan keunggulan Ubuntu 22.04 LTS. Melalui utilitas ``dd`` dengan I/O langsung, Linux mencapai throughput baca/tulis sekuensial yang lebih tinggi dibandingkan hasil dari CrystalDiskMark pada Windows 11. Hasil ini mengindikasikan bahwa subsistem I/O dan model driver pada kernel Linux memiliki overhead yang lebih rendah. Efisiensi ini, sejalan dengan teori arsitektur kernel monolitik, memungkinkan transfer data yang lebih cepat antara perangkat penyimpanan dan memori, memberikan keuntungan fundamental untuk aplikasi intensif disk. Dalam evaluasi throughput jaringan TCP, Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan skalabilitas superior. Meskipun kedua sistem operasi mampu mensaturasi tautan Gigabit Ethernet dengan satu aliran, Linux secara konsisten mencapai bandwidth agregat yang lebih tinggi saat jumlah aliran paralel ditingkatkan menjadi empat dan delapan. Keunggulan ini menyoroti efisiensi tumpukan jaringan Linux dalam mengelola koneksi konkuren dan penjadwalan paket. Hal ini selaras dengan teori manajemen I/O, di mana implementasi yang lebih matang menghasilkan utilisasi sumber daya jaringan yang lebih optimal di bawah beban kerja server. Pengujian beban UDP menggunakan `iperf3` secara signifikan memperlihatkan ketangguhan tumpukan jaringan Linux. Saat dihadapkan pada target lalu lintas 1 Gbps, Ubuntu 22.04 LTS mencatat tingkat kehilangan paket (`packet loss`) dan jitter yang jauh lebih rendah dibandingkan Windows 11. Fenomena ini mengonfirmasi efisiensi mekanisme penanganan interupsi dan manajemen buffer pada kernel Linux. Kemampuan untuk memproses datagram dalam jumlah besar dengan cepat dan andal merupakan keunggulan krusial untuk aplikasi real-time seperti streaming video atau komunikasi VoIP.

Analisis latensi jaringan secara konsisten menempatkan Ubuntu 22.04 LTS sebagai platform yang lebih responsif. Pengukuran menggunakan ``ping`` untuk latensi ICMP dan ``sockperf`` untuk latensi level aplikasi TCP menunjukkan waktu bolak-balik (`round-trip time`) yang lebih rendah pada Linux. Perbedaan ini mencerminkan jalur pemrosesan paket yang lebih pendek dan efisien dari perangkat keras ke ruang pengguna. Overhead yang lebih minimal pada tumpukan jaringan Linux secara langsung berkontribusi pada responsivitas yang lebih tinggi, sebuah faktor vital untuk aplikasi yang sensitif terhadap latensi.

Efisiensi penanganan koneksi, yang diukur melalui benchmark ``netperf`` TCP_CRR, menunjukkan keunggulan performa yang signifikan pada Ubuntu 22.04 LTS. Sistem operasi Linux mampu memproses jumlah transaksi koneksi per detik yang jauh lebih tinggi daripada Windows. Hal ini membuktikan overhead yang lebih rendah

dalam proses pembuatan dan penutupan socket pada kernel Linux. Kemampuan ini, yang berakar pada teori manajemen I/O yang efisien, sangat fundamental bagi kinerja server web dan API gateway yang melayani ribuan koneksi singkat secara simultan.

4.5. Performa Sistem dalam Skenario Beban Kerja Aplikasi Riil

Dalam skenario pembuatan konten, Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan keunggulan performa yang jelas dibandingkan Windows 11. Proses transcoding video menggunakan HandBrake berhasil diselesaikan dalam waktu rata-rata 18–22% lebih cepat, dengan waktu encode sebesar 8 menit 12 detik pada Ubuntu dibandingkan 10 menit 05 detik pada Windows 11. Hasil ini mencerminkan efisiensi Completely Fair Scheduler (CFS) Linux dalam mendistribusikan beban kerja komputasi multi-core secara merata dan berkelanjutan. Overhead penjadwalan yang lebih rendah memungkinkan tingkat utilisasi CPU yang lebih tinggi dan stabil selama proses encode, sehingga menghasilkan peningkatan throughput pada tugas komputasi intensif yang berlangsung lama. Pada beban kerja pengembangan perangkat lunak yang disimulasikan melalui kompilasi kernel Linux, perbedaan performa terlihat semakin signifikan. Waktu kompilasi total pada Ubuntu tercatat sekitar 25–30% lebih singkat dibandingkan eksekusi serupa pada Windows 11 melalui lingkungan kompatibilitas. Kinerja superior ini merupakan hasil kombinasi antara efisiensi penjadwal CFS, performa sistem berkas ext4 yang optimal dalam menangani ribuan berkas berukuran kecil, serta overhead subsistem penyimpanan yang lebih rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa keunggulan arsitektural pada level kernel dan sistem berkas secara kumulatif memberikan dampak performa yang substansial pada aplikasi dunia nyata, khususnya pada skenario pengembangan dan komputasi paralel berskala besar.

Pada pengujian skenario server, tumpukan aplikasi web pada Ubuntu 22.04 LTS mampu menangani throughput yang lebih tinggi secara konsisten. Pengujian beban menggunakan `wrk` menunjukkan jumlah permintaan per detik yang dilayani oleh Nginx dan PostgreSQL di Linux secara signifikan melampaui Windows. Keunggulan ini berakar pada efisiensi tumpukan jaringan Linux yang memiliki overhead lebih rendah dalam mengelola koneksi konkuren, sebagaimana telah diindikasikan oleh hasil microbenchmark `netperf`. Kemampuan ini krusial untuk skalabilitas dan performa aplikasi web modern, terlihat tabel 1

Tabel 1. Perbandingan Waktu Eksekusi pada Beban Kerja Pembuatan Konten

Beban Kerja	Windows 11 (menit)	Ubuntu 22.04 LTS (menit)
Transcoding Video (HandBrake)	10,08	8,20
Kompilasi Kernel Linux	42,50	30,80

Tabel ini menunjukkan bahwa Ubuntu 22.04 LTS memiliki waktu eksekusi yang lebih singkat pada kedua skenario pengujian, khususnya pada beban kerja multi-thread. Selain throughput, analisis latensi persentil ke-99 menunjukkan responsivitas yang lebih baik pada Ubuntu di bawah beban puncak. Latensi yang lebih rendah dan lebih dapat diprediksi ini mengindikasikan bahwa sistem mampu menangani antrean permintaan tanpa menyebabkan penundaan yang signifikan, cerminan dari keadilan penjadwal CFS dan efisiensi I/O jaringan. Lebih lanjut, Ubuntu menyelesaikan seluruh pengujian tanpa mencatat adanya kesalahan koneksi, menunjukkan ketangguhan dan keandalan yang superior untuk lingkungan server dengan tingkat konkurensi yang sangat tinggi. Hasil pengujian pada skenario aplikasi riil ini mengonfirmasi temuan dari benchmark sintetis. Keunggulan arsitektural Linux dalam penjadwalan proses multi-thread, efisiensi sistem berkas, dan performa subsistem I/O secara konsisten diterjemahkan menjadi kinerja superior dalam tugas-tugas intensif seperti pembuatan konten, kompilasi kode, dan hosting server. Temuan ini menegaskan bahwa pilihan desain fundamental pada level kernel memiliki dampak langsung dan signifikan terhadap kapabilitas sistem operasi dalam menangani beban kerja profesional secara efektif.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Ubuntu 22.04 LTS menunjukkan kinerja yang secara konsisten lebih unggul pada sebagian besar skenario komputasi intensif dan beban kerja multi-thread. Meskipun Windows 11 memperlihatkan keunggulan tipis pada beberapa tugas single-thread, dominasi Ubuntu pada pemanfaatan multi-core

terlihat jelas. Keunggulan ini berakar pada efisiensi arsitektural Completely Fair Scheduler (CFS) yang mampu menekan overhead perpindahan konteks dan mendistribusikan beban kerja secara lebih merata, sehingga menghasilkan throughput komputasi yang lebih tinggi serta responsivitas sistem yang lebih stabil dan dapat diprediksi pada kondisi beban berat. Temuan ini menegaskan relevansi sistem operasi berbasis Linux dalam mendukung kebutuhan komputasi modern yang semakin mengandalkan paralelisme. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian dilakukan pada satu konfigurasi perangkat keras tertentu, sehingga hasil yang diperoleh belum tentu sepenuhnya merepresentasikan performa pada arsitektur CPU, kapasitas memori, atau jenis penyimpanan yang berbeda. Selain itu, ruang lingkup pengujian masih berfokus pada performa CPU, sistem berkas, dan beban kerja komputasi, tanpa mempertimbangkan aspek lain seperti konsumsi daya, performa GPU, virtualisasi, maupun stabilitas jangka panjang di bawah beban berkelanjutan. Pengujian juga dilakukan menggunakan konfigurasi default sistem operasi tanpa eksplorasi terhadap parameter tuning kernel atau scheduler yang berpotensi memengaruhi hasil. Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi perbandingan kinerja pada berbagai konfigurasi perangkat keras dan arsitektur prosesor yang berbeda, termasuk evaluasi pada sistem berbasis ARM dan hybrid CPU. Penelitian selanjutnya juga dapat memperluas cakupan dengan mengkaji efisiensi energi, performa GPU, serta dampak virtualisasi dan container terhadap kinerja sistem. Selain itu, analisis pengaruh kernel tuning dan scheduler alternatif terhadap performa multi-thread akan memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai optimasi sistem operasi untuk beban kerja spesifik.

Analisis subsistem I/O dan memori memperkuat temuan ini, dengan Linux menunjukkan keunggulan yang menentukan. Sistem berkas ext4 secara konsisten melampaui NTFS dalam throughput baca/tulis, efisiensi operasi metadata, dan ketahanan terhadap fragmentasi. Keunggulan ini meluas hingga ke level driver, di mana tumpukan jaringan dan subsistem disk mentah Linux menunjukkan overhead yang lebih rendah, menghasilkan transfer data yang lebih cepat dan penanganan koneksi jaringan yang lebih skalabel. Sementara manajemen memori Windows unggul dalam latensi, efisiensi Linux di bawah tekanan memori dan skalabilitas alokasi multi-thread terbukti lebih superior. Keunggulan arsitektural fundamental ini secara konsisten diterjemahkan menjadi performa yang lebih unggul dalam skenario aplikasi dunia nyata. Ubuntu 22.04 LTS menyelesaikan tugas transcoding video, kompilasi kode, dan melayani beban server web dengan waktu yang jauh lebih singkat dan throughput yang lebih tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa efisiensi sinergis dari penjadwal proses, sistem berkas, dan subsistem I/O menjadikan Linux platform yang lebih tangguh dan berkinerja tinggi untuk beban kerja profesional, server, dan pengembangan, sementara Windows 11 tetap dioptimalkan untuk responsivitas pada penggunaan desktop interaktif umum.

REFERENCES

- [1] T. Yusnanto, S. Wahyudiono, and H. Adiyatman Wicaksono, "Analisa Kinerja Sistem Operasi Windows 10 Dengan Linux Mint Menggunakan Aplikasi Zxt Cam, Gnome System Monitor," Oct. 2022. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/cloud/learn/api>
- [2] Ghufon Malik, Kholid Wahyudi, Febri Tri Arie Sakti, Abdul Ghofar, and Abdul Halim Anshor, "Analisa Perbandingan Manajemen Proses Multitasking pada Sistem Operasi Windows dan Linux," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 4, pp. 190–199, Nov. 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i4.4538.
- [3] R. Al Fajar, A. Lestari, and J. Teknologi Informasi, "Analisis Perbandingan Sistem Operasi Windows 11 dan Linux Ubuntu Menggunakan Metode Studi Literatur (Studi Kasus: Kinerja Sistem, Keamanan dan Biaya)," 2025. [Online]. Available: <https://jurnal-bitwise.org/>
- [4] I. Yudianto, K. Adhiyarta, I. Bisnis, M. Bekasi, U. Budi, and L. Jakarta, "Jurnal Review: Perbandingan Sistem Operasi Linux Dengan Sistem Operasi Windows," Aug. 2024.
- [5] S. Budiman, V. A. Saputro, and D. F. Fadhila, "Analisis performa kecepatan MySQL dan NoSQL pada sistem operasi Windows dan Linux," 2024. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/kazanov/sentiment140>
- [6] R. Rasian and D. P. Mursanto, "Perbandingan Kinerja Pendekatan Virtualisasi," Feb. 2024.
- [7] W. Wijaya, F. Panjaitan, S. Rizal, and M. Ulfa, "Perbandingan Kinerja Sistem Operasi Network Attached Storage: Studi Kasus Truenas dan Xigmanas," *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 255–261, Jan. 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i1.468.

- [8] D. O. Nasrulah, A. W. Hertaliando, R. Tullah, and F. Ferawati, "Evaluasi Perbandingan Sistem Operasi Linux untuk Pemanfaatan Client-Server: Studi Kasus Ubuntu dan Debian," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 1, pp. 242–248, Dec. 2024, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1702.
- [9] A. I. Azzam and H. Siregar, "Analisis Perbandingan Algoritma Penjadwalan CPU pada Sistem Operasi Linux," *remik*, vol. 9, no. 3, pp. 818–825, Aug. 2025, doi: 10.33395/remik.v9i3.14924.
- [10] R. Aditya Chandra, "analisis dan perbandingan kinerja proxmox virtual envorment dalam virtualisasi pada os debian dan ubuntu," Jun. 2024.
- [11] A. I. Azzam and H. Siregar, "Analisis Perbandingan Algoritma Penjadwalan CPU pada Sistem Operasi Linux," *remik*, vol. 9, no. 3, pp. 818–825, Aug. 2025, doi: 10.33395/remik.v9i3.14924.
- [12] A. Yudhana, I. Riadi, B. Putra, A. Dahlan, Y. Jl, and S. H. Soepomo, "Analisis Kinerja Perangkat Lunak Forensic Imaging Pada Sistem Operasi Linux Menggunakan Metode Static Forensic," vol. 8, no. 1, 2022.
- [13] M. Iqbal and D. Prasetyo, "Perbandingan Quality Of Service (Qos) Jaringan 4g Lte Beberapa Provider Menggunakan Sistem Operasi Linux Ubuntu Server 18.10," 2019. [Online]. Available: <http://ojsamik.amikmitragama.ac.id>