

ANALISIS KINERJA LINUX PADA MINI PC: KINERJA PROSESOR, MEMORI DAN DISK DRIVE

Harfebi Fryonanda¹⁾, Andre Febrian Kasmar²⁾, Muhammad Ibrahim Nasution³⁾,
Edwar Rosman⁴⁾, dan Wirda Nissa⁵⁾

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Padang, Limau Manis, Kota
Padang, 25164
E-mail: harfebi@pnp.ac.id

Abstract

This study aims to analyze mini PC performance in various aspects, including CPU, disk, memory, graphics, and operating system (OS) functions. The research was conducted by testing the mini PC using several testing methods, which involved compiling the Linux kernel, testing disk performance using SQLite, measuring memory performance using Intel Memory Latency Checker, testing graphics performance with Xonotic, and testing OS functions with Glibc Benchmarks. The results of this study provide an overview of mini PC performance in these various aspects but also indicate the need for additional testing and further analysis to understand mini PC performance more comprehensively..

Keywords: *Mini PCs, Performance, CPUs, Memory, Disc, Memory*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja mini PC dalam berbagai aspek, termasuk CPU, disk, memori, grafis, dan fungsi sistem operasi (OS). Penelitian ini dilakukan dengan menguji mini PC menggunakan beberapa metode pengujian, yang melibatkan kompilasi kernel Linux, pengujian kinerja disk menggunakan SQLite, pengukuran kinerja memori menggunakan Intel Memory Latency Checker, pengujian kinerja grafis dengan Xonotic, dan pengujian fungsi OS dengan Glibc Benchmarks. Hasil dari penelitian ini memberikan gambaran tentang kinerja mini PC dalam berbagai aspek tersebut, tetapi juga menunjukkan perlunya pengujian tambahan dan analisis lebih lanjut untuk memahami kinerja mini PC secara lebih komprehensif..

Kata Kunci: *Mini PC, Kinerja, CPU, Memori, Disk, Memori*

PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus berkembang, komputer semakin penting dalam berbagai bidang, baik untuk keperluan pribadi maupun profesional [1]. Salah satu jenis komputer yang paling populer adalah mini PC. Mini PC adalah versi lebih kecil dari komputer desktop tradisional dengan ukuran yang lebih kecil, konsumsi daya yang lebih rendah, dan mobilitas yang lebih tinggi [2]. Dalam menggunakan sistem operasi Linux Ubuntu, mini PC menarik untuk berbagai kebutuhan pengguna.

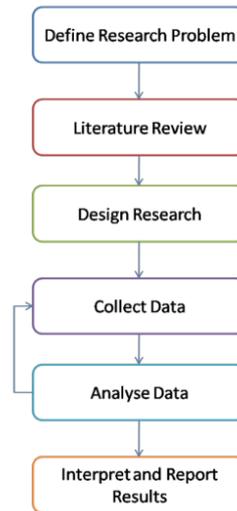
Analisis kinerja mini PC pada Linux Ubuntu adalah topik penelitian yang penting. Mini PC telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama untuk mendukung

teknologi IoT, seperti penggunaan dalam sistem parkir [3] dan mendukung deep learning [4]. Selain itu, penelitian lain telah membahas evaluasi kinerja komponen, seperti evaluasi multicore tersemat pada Linux [5], kinerja CPU [6], memori [7], grafis, dan disk [8] [9]. Namun, masih perlu penelitian yang lebih banyak yang melibatkan analisis komprehensif kinerja sistem operasi, terutama pada mini PC.

Kinerja grafis [10], CPU, memori, disk, dan sistem operasi adalah faktor kunci yang memengaruhi kinerja dan pengalaman pengguna [11]. CPU yang kuat dan efisien, memori yang besar dan cepat, serta disk yang responsif akan memberikan kinerja yang baik dalam menjalankan berbagai aplikasi dan tugas komputasi. Selain itu, kinerja grafis juga sangat penting saat menggunakan mini PC untuk tujuan visual, seperti merender grafis, pemrosesan video, dan bermain game. Beberapa uji yang sudah ada mencakup pengujian kinerja pada mesin virtual [12], Virtual Private Servers [9], kinerja basis data [13], kinerja Linux dalam domain sistem tersemat [5], pengujian penjadwalan berdasarkan waktu pada kernel Linux [14], Pengujian Live Migration [15], dan pengujian kinerja Linux Ubuntu 20, Linux Mint 19, dan Pop!_OS [8]. Namun, penelitian sebelumnya [8] hanya membahas kinerja CPU, memori, grafis, dan disk. Oleh karena itu, untuk melengkapi pengetahuan tentang kinerja perangkat, terutama sistem operasi, dipilih sistem operasi Linux Ubuntu 22.04. Stabilitas, keamanan, dan kemampuan untuk disesuaikan dari sistem operasi Linux Ubuntu [8] menjadikannya pilihan yang menarik untuk pengujian pada mini PC.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif kinerja mini PC pada Linux Ubuntu, terutama dalam hal CPU, memori, disk, grafis, dan sistem operasi. Penelitian ini akan melibatkan pengujian kinerja menggunakan berbagai benchmark [6] dan pengukuran yang relevan untuk setiap komponen. Data yang dihasilkan dari penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang kemampuan sejati mini PC yang menjalankan Linux Ubuntu. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada..

METODE PENELITIAN



Tahapan penelitian ini terlihat pada Gambar

A. Identifikasi Masalah [17]:

Tahap ini melakukan identifikasi masalah penelitian yang akan diteliti, yaitu pengukuran kinerja mini PC dalam hal CPU, memori, disk, grafis, dan sistem operasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memahami masalah yang akan diselesaikan dan merumuskan pertanyaan penelitian yang relevan.

B. Tinjauan Pustaka [17]:

Pada tahap ini, dilakukan tinjauan pustaka yang terkait dengan kinerja mini PC, pengukuran kinerja, dan aspek yang akan diteliti, seperti CPU, memori, disk, grafis, dan sistem operasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, teori-teori yang relevan, dan metode pengukuran kinerja yang telah digunakan.

C. Rancangan Penelitian:

Tahap rancangan penelitian melakukan perumusan rancangan penelitian yang sesuai untuk mengukur kinerja mini PC dalam aspek yang diteliti. Ini mencakup pemilihan mini PC, penggunaan sistem operasi Ubuntu, dan pengaturan serta pengujian konfigurasi yang sesuai. Rencana pengumpulan data dan pengukuran juga dirancang pada tahap ini.

Spesifikasi mini PC yang digunakan adalah Intel NUC mini PC [18] dengan RAM 16 GB [19] dan SSD M.2 NVMe V-GeN [20].

D. Pengumpulan Data:

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan dengan mengimplementasikan desain penelitian yang telah dibuat. Ini melibatkan pengujian menggunakan alat dan perangkat lunak yang sesuai, seperti Phoronix Test Suite[21], untuk mengukur kinerja mini PC dalam hal CPU, memori, disk, grafis, dan sistem operasi.

- a) Pengujian Kinerja CPU[8][6][22][21]: Untuk menguji kinerja CPU pada mini PC, gunakan aplikasi Phoronix dengan benchmark Timed Linux Kernel Compilation. Benchmark ini mengevaluasi kemampuan CPU dalam menangani beban kerja yang intensif dan mengukur kinerja secara keseluruhan. Jalankan Timed Linux Kernel Compilation dalam beberapa skenario pengujian untuk mendapatkan data yang komprehensif.
- b) Pengujian Kinerja Disk[22][21]: Gunakan aplikasi Phoronix dengan benchmark SQLite untuk menguji kinerja disk pada mini PC. Benchmark ini akan mengukur waktu yang diperlukan untuk menjalankan operasi pada basis data SQLite, yang mencerminkan kinerja disk secara umum. Jalankan benchmark SQLite dalam berbagai kondisi pengujian untuk mendapatkan data yang representatif.
- c) Pengujian Kinerja Memori [9][22][21]: Gunakan aplikasi Phoronix dengan benchmark stream untuk menguji kinerja memori pada mini PC. Benchmark Stream akan mengukur kemampuan memori dalam melakukan operasi streaming, sementara Intel Memory Latency Checker akan menguji laten memori[23]. Benchmark ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kinerja memori mini PC.
- d) Pengujian Kinerja Grafis[22][21]: Untuk menguji kinerja grafis pada mini PC, gunakan aplikasi Phoronix dengan benchmark Xonotic. Benchmark ini akan mengukur kemampuan grafis mini PC dalam menjalankan permainan dengan tampilan 3D yang intensif. Jalankan benchmark Xonotic dalam beberapa pengaturan grafis untuk mendapatkan data tentang kinerja mini PC secara keseluruhan.

e) Pengujian Kinerja Sistem Operasi[22][21]: Gunakan aplikasi Phoronix dengan benchmark Glibc Benchmarks untuk menguji kinerja sistem operasi Linux Ubuntu pada mini PC. Benchmark ini mengevaluasi kinerja berbagai fungsi dalam Glibc (GNU C Library) yang digunakan oleh sistem operasi. Jalankan benchmark Glibc Benchmarks dalam berbagai skenario pengujian untuk mendapatkan data yang relevan.

E. Analisis:

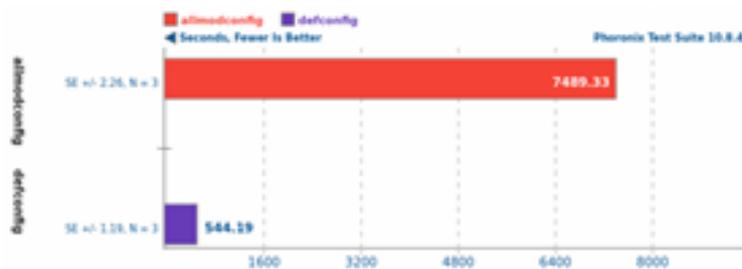
Setelah data dikumpulkan, tahap analisis dilakukan untuk memproses data yang diperoleh. Data dari pegujian kinerja mini PC dalam aspek yang diteliti dianalisis secara statistik, seperti menghitung rata-rata dan deviasi standar, dan mungkin melakukan perbandingan atau uji signifikansi untuk membandingkan hasil pengujian antara kondisi yang berbeda.

F. Interpretasi Hasil:

Tahap akhir adalah interpretasi hasil, di mana hasil analisis data dievaluasi dan diinterpretasikan. Hasil ini digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja mini PC dalam hal CPU, memori, disk, grafis, dan sistem operasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. CPU Performance Analysis on Mini PC



Gambar 1 CPU Performance Test Results

Hasil analisis kinerja CPU pada mini PC menunjukkan bahwa waktu eksekusi kompilasi kernel Linux dengan konfigurasi allmodconfig (7489 detik) lebih lama

dibandingkan dengan konfigurasi defconfig (544,19 detik), seperti yang ditunjukkan dalam *Gambar 1* dan *Tabel 1*. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk konfigurasi allmodconfig adalah 7489 detik, dengan tingkat variasi yang cukup tinggi yang ditandai dengan deviasi standar sebesar 3,9075 dan kesalahan standar sebesar 2,256. Sementara itu, pengujian dengan konfigurasi defconfig menunjukkan waktu rata-rata yang lebih rendah, yaitu 544,19 detik, dengan variasi yang relatif lebih rendah yang ditandai dengan deviasi standar sebesar 2,0534 dan kesalahan standar sebesar 1,1855.

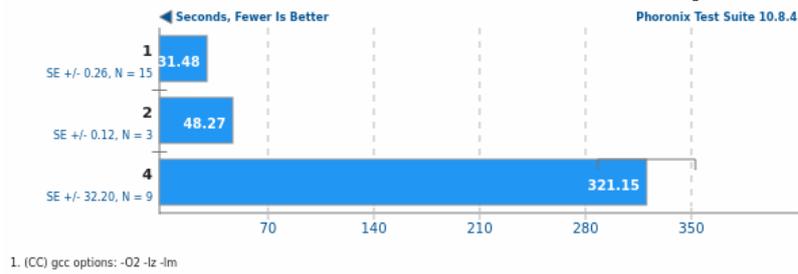
Tabel 1 CPU Performance Test Results

| | Time (sec) | Normalized 100% | Samples | Standard Deviation | Standard Error |
|--------------|------------|--------------------|---------|-----------------------|-------------------|
| allmodconfig | 7489 | 100% | 3 | 3.9075 | 2.256 |
| defconfig | 544.19 | 100% | 3 | 2.0534 | 1.1855 |

Hasil ini menunjukkan bahwa konfigurasi allmodconfig memerlukan lebih banyak sumber daya CPU dan memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama karena melibatkan lebih banyak modul kernel dan driver. Namun, perlu diperhatikan bahwa hasil-hasil ini hanya mencerminkan kinerja CPU pada pengujian ini, dan faktor-faktor lain, seperti spesifikasi CPU dan perangkat keras yang digunakan dalam mini PC saat ini, juga dapat memengaruhi kinerja CPU secara keseluruhan.

B. Disk Performance Analysis on Mini PC

Hasil penelitian menggunakan Phoronix Test Suite menunjukkan pengujian kinerja disk menggunakan SQLite pada tiga uji berbeda. Dalam uji ini, yang dapat dilihat pada *Gambar 2* dan *Tabel 2*, waktu eksekusi operasi menggunakan SQLite tercatat sebesar 31,48 detik dengan 15 sampel. Uji kedua menunjukkan waktu eksekusi sebesar 48,27 detik dengan hanya 3 sampel. Pada uji ketiga, waktu eksekusi mencapai 321,15 detik dengan 9 sampel.



Gambar 2 Disk test result

Analisis deviasi standar menunjukkan tingkat variasi atau penyebaran hasil pengujian. Uji pertama dan kedua menunjukkan deviasi standar yang relatif rendah, yang menandakan hasil pengujian yang konsisten dengan variasi yang kecil. Namun, pada uji ketiga, deviasi standar yang sangat tinggi menunjukkan variasi yang besar dalam hasil.

Selanjutnya, kesalahan standar memberikan informasi tentang tingkat ketidakpastian dalam estimasi rata-rata. Kesalahan standar pada uji pertama dan kedua mengindikasikan tingkat ketidakpastian yang rendah, sementara pada uji ketiga, kesalahan standar yang tinggi mengindikasikan tingkat ketidakpastian yang besar.

Tabel 2 Disk test result

| Test | Time (s) | Normalized (%) | Samples | Std Deviation | Std Error |
|------|----------|----------------|---------|---------------|-----------|
| 1 | 31.48 | 100 | 15 | 1.0149 | 0.2621 |
| 2 | 48.27 | 100 | 3 | 0.2109 | 0.1217 |
| 3 | 321.15 | 100 | 9 | 96.5896 | 32.1965 |

Analisis ini menunjukkan bahwa hasil pengujian pada uji ketiga cenderung tidak stabil dan tidak dapat diandalkan dalam estimasi rata-rata. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tambahan atau analisis lebih lanjut. Hasil-hasil ini memberikan gambaran tentang waktu yang diperlukan oleh SQLite untuk menjalankan operasi disk pada mini PC yang sedang diuji. Namun, hasil pengujian dapat bervariasi tergantung pada konfigurasi sistem dan lingkungan pengujian. Oleh karena itu, hasil-hasil ini harus

dipertimbangkan dengan hati-hati dalam memahami kinerja SQLite pada mini PC dengan sistem operasi Ubuntu.

C. Memory Performance Analysis on Mini PC

Pengujian menggunakan Intel Memory Latency Checker memberikan informasi penting dalam memahami kinerja memori dari mini PC. Hasil pengukuran menunjukkan beberapa metrik yang relevan.

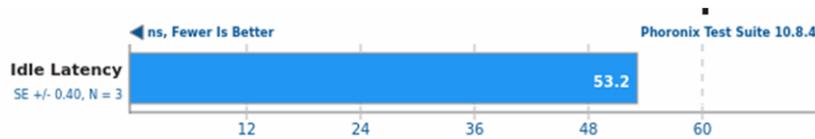


Fig. 3 Idle Latency test

Gambar 4 menunjukkan hasil dari pengujian Idle Latency, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mengakses memori dalam keadaan idle. Hasil pengukuran menunjukkan angka latensi sebesar 53,2 ns. Semakin rendah angka latensi, semakin cepat akses memori..

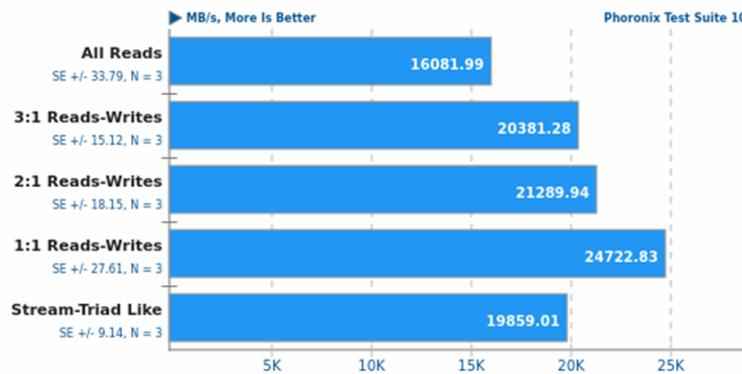


Fig. 4 Max Bandwidth metric

Selain itu, pada Gambar 5, metrik Max Bandwidth menggambarkan kecepatan maksimum memori dalam mentransfer data dalam berbagai skenario pembacaan dan penulisan. Hasil pengukuran menunjukkan rentang kecepatan transfer data antara 16.082 hingga 24.723 MB/dtk. Angka yang lebih tinggi mengindikasikan kinerja yang lebih baik.

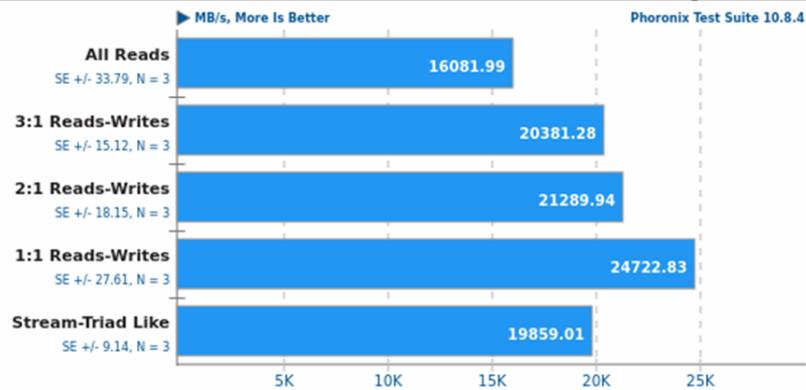


Fig. 5 Peak Injection Bandwidth

Pada Gambar 6, metrik Peak Injection Bandwidth mengindikasikan kecepatan memori maksimum dalam mentransfer data saat melakukan operasi baca atau tulis pada tingkat puncak. Angka-angka ini berada dalam rentang 13.653 hingga 24.551 MB/dtk.

Table 3 Memory Performance

| | Value | Normalized | Samples | Std Deviation | Std Error |
|---|-------|------------|---------|---------------|-----------|
| Idle Latency (ns ↓) | 53.2 | 100% | 3 | 0.7 | 0.4041 |
| Max Bandwidth - All Reads (MB/s ↑) | 16082 | 100% | 3 | 58.5258 | 33.7899 |
| Max Bandwidth - 3:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 20381 | 100% | 3 | 26.1824 | 15.1164 |
| Max Bandwidth - 2:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 21290 | 100% | 3 | 31.4367 | 18.15 |
| Max Bandwidth - 1:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 24723 | 100% | 3 | 47.8246 | 27.6116 |
| Max Bandwidth - Stream-Triad Like (MB/s ↑) | 19859 | 100% | 3 | 15.8284 | 9.1385 |
| Peak Injection Bandwidth - All Reads (MB/s ↑) | 13653 | 100% | 3 | 19.958 | 11.5228 |

| | Value | Normalized | Samples | Std Deviation | Std Error |
|--|-------|------------|---------|---------------|-----------|
| Peak Injection Bandwidth - 3:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 20394 | 100% | 3 | 24.1003 | 13.9143 |
| Peak Injection Bandwidth - 2:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 21274 | 100% | 3 | 48.92 | 28.244 |
| Peak Injection Bandwidth - 1:1 Reads-Writes (MB/s ↑) | 24551 | 100% | 3 | 23.884 | 13.7894 |
| Peak Injection Bandwidth - Stream-Triad Like (MB/s ↑) | 18654 | 100% | 3 | 49.3076 | 28.4678 |

Dalam analisis deviasi standar dan kesalahan standar, kita dapat melihat tingkat variasi dan ketidakpastian dalam hasil pengujian. Deviasi standar mengukur tingkat variasi atau penyebaran data pengujian. Sebaliknya, kesalahan standar mengukur tingkat ketidakpastian dalam estimasi rata-rata berdasarkan sampel yang diuji.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beberapa metrik, seperti Idle Latency, Max Bandwidth - read, dan Max Bandwidth - Stream-Triad Like, memiliki deviasi standar dan kesalahan standar yang rendah. Ini menunjukkan variasi yang lebih sedikit dan ketidakpastian yang lebih rendah dalam pengujian metrik tersebut. Namun, metrik lain, seperti Max Bandwidth - 3:1 Baca-Tulis, Max Bandwidth - 2:1 Baca-Tulis, dan Max Bandwidth - 1:1 Baca-Tulis, memiliki deviasi standar dan kesalahan standar yang tinggi. Ini mengindikasikan variasi yang lebih besar dan tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dalam pengujian metrik tersebut.

Analisis ini menunjukkan variasi dalam hasil pengujian dan tingkat ketidakpastian dalam estimasi rata-rata. Metrik dengan deviasi standar dan kesalahan standar yang lebih rendah menunjukkan hasil pengujian yang lebih konsisten dan estimasi rata-rata yang lebih dapat diandalkan. Sebaliknya, metrik dengan deviasi standar dan kesalahan standar yang tinggi menunjukkan variasi yang lebih besar dan tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dalam hasil pengujian. Hal ini mengindikasikan

perlu pengujian lebih lanjut atau pengujian ulang untuk mendapatkan hasil yang lebih stabil dan estimasi rata-rata yang lebih akurat.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa mini PC yang digunakan dalam penelitian memiliki kinerja memori yang baik. Dengan kecepatan transfer data yang relatif tinggi dan latensi yang rendah, memori pada mini PC dapat mendukung kinerja sistem dengan baik dalam hal akses dan transfer data

SIMPULAN

Berdasarkan hasil studi ini, mini PC yang diuji memiliki kinerja CPU yang lebih baik dengan konfigurasi defconfig daripada konfigurasi allmodconfig pada kompilasi kernel Linux. Konfigurasi allmodconfig memerlukan lebih banyak sumber daya CPU dan waktu eksekusi yang lebih lama karena melibatkan lebih banyak modul kernel dan driver. Namun, perlu diingat bahwa hasil-hasil ini hanya mencerminkan kinerja CPU pada pengujian ini, dan faktor-faktor lain, seperti spesifikasi CPU dan perangkat keras yang digunakan dalam mini PC saat ini, juga dapat memengaruhi kinerja CPU secara keseluruhan. Selain itu, pengujian kinerja disk menggunakan SQLite menunjukkan variasi dalam waktu eksekusi operasi. Uji ketiga menunjukkan variasi yang lebih besar dan estimasi rata-rata yang tidak dapat diandalkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tambahan atau analisis lebih lanjut untuk memahami kinerja SQLite lebih komprehensif.

Dalam pengukuran kinerja memori menggunakan Intel Memory Latency Checker, mini PC menunjukkan kinerja memori yang baik dengan latensi rendah dan tingkat transfer data yang relatif tinggi. Namun, beberapa metrik menunjukkan variasi yang lebih besar dalam hasil pengujian, yang mengindikasikan perlunya pengujian lebih lanjut atau pengujian ulang untuk hasil yang lebih stabil dan estimasi rata-rata yang akurat.

Secara keseluruhan, hasil studi ini memberikan gambaran tentang kinerja CPU, disk, memori pada mini PC yang diuji. Namun, perlu diingat bahwa faktor-faktor lain, seperti spesifikasi perangkat keras dan konfigurasi sistem, juga dapat memengaruhi hasil-hasil ini. Oleh karena itu, hasil-hasil ini harus dipertimbangkan dengan hati-hati

dalam memahami kinerja keseluruhan mini PC dan mempertimbangkan pengembangan atau optimasi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Fryonanda, H. Sokoco, and Y. Nurhadryani, "Evaluasi Infrastruktur Teknologi Informasi Dengan Cobit 5 Dan Itil V3," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 17, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.12962/j24068535.v17i1.a717.
- "Belanja PC Mini yang Didukung oleh Prosesor Intel®." <https://www.intel.co.id/content/www/id/id/products/systems-devices/desktops/mini-pcs.html> (accessed Jun. 06, 2023).
- Sobeslav and J. Horalek, "A smart parking system based on mini PC platform and mobile application for parking space detection," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8875301.
- Y. S. Chen, K. H. Cheng, C. S. Hsu, and H. L. Zhang, "MiniDeep: A Standalone AI-Edge Platform with a Deep Learning-Based MINI-PC and AI-QSR System," *Sensors*, vol. 22, no. 16, pp. 1–35, 2022, doi: 10.3390/s22165975.
- Y. Li, Y. Matsubara, H. Takada, K. Suzuki, and H. Murata, "A Performance Evaluation of Embedded Multi-core Mixed-criticality System Based on PREEMPT_RT Linux," *J. Inf. Process.*, vol. 31, pp. 78–87, 2023, doi: 10.2197/ipsjip.31.78.
- A. M. Potdar, N. D. G. S. Kengond, and M. M. Mulla, "Performance Evaluation of Docker Container and Virtual Machine," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 171, no. 2019, pp. 1419–1428, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.04.152.
- J. Kaur and S. R. N. Reddy, "Testing of Linux Performance Monitoring Tools on ARM Based Raspberry Pi," *J. Comput. Theor. Nanosci.*, vol. 16, no. 9, pp. 3955–3960, Sep. 2019, doi: 10.1166/jctn.2019.8276.
- M. Boras, J. Balen, and K. Vdovjak, "Performance Evaluation of Linux Operating Systems," in *2020 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, Oct. 2020, pp. 115–120. doi: 10.1109/SST49455.2020.9264055.
- J. Balen, D. Vajak, and K. Salah, "Comparative performance evaluation of popular virtual private servers," *J. Internet Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 343–356, 2020, doi: 10.3966/160792642020032102003.
- A. Azad et al., "Evaluation of Graph Analytics Frameworks Using the GAP Benchmark Suite," *Proc. - 2020 IEEE Int. Symp. Workload Charact. IISWC 2020*, pp. 216–227, 2020, doi: 10.1109/IISWC50251.2020.00029.
- K. Vdovjak, J. Balen, and K. Nenadić, "Experimental Evaluation of Desktop Operating Systems Networking Performance," *Int. J. Electr. Comput. Eng. Syst.*, vol. 11, no. 2, pp. 67–76, Jun. 2020, doi: 10.32985/ijeces.11.2.2.
- J. Balen, K. Vdovjak, and G. Martinović, "Performance evaluation of windows virtual machines on a Linux host," *Automatika*, vol. 61, no. 3, pp. 425–435, 2020, doi: 10.1080/00051144.2020.1775961.
- S. M. L. Hahn, I. Chereja, and O. Matei, "Comparison of the Performance of NewSQL Databases Based on Linux OS," 2021, pp. 372–384. doi: 10.1007/978-3-030-90321-3_30.



- P. Karachatzis, J. Ruh, and S. S. Craciunas, "An Evaluation of Time-triggered Scheduling in the Linux Kernel," in *The 31st International Conference on Real-Time Networks and Systems*, Jun. 2023, vol. 1, no. 1, pp. 119–131. doi: 10.1145/3575757.3593660.
- R. Torre, R. S. Schmoll, F. Kemser, H. Salah, I. Tsokalo, and F. H. P. Fitzek, "Benchmarking live migration performance under stressed conditions," *2021 IEEE 18th Annu. Consum. Commun. Netw. Conf. CCNC 2021*, pp. 4–5, 2021, doi: 10.1109/CCNC49032.2021.9369658.
- S. S. Pericherla, "Analysis of Host Resources Utilization by OpenStack in Ubuntu Environment," *Emerg. Sci. J.*, vol. 4, no. 6, pp. 466–492, Dec. 2020, doi: 10.28991/esj-2020-01246.
- H. Fryonanda and J. Gatc, "Perancangan Knowledge Management System Pariwisata Provinsi Sumatera Barat," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 5, no. 3, p. 361, Dec. 2019, doi: 10.26418/jp.v5i3.37381.
- "Kit Intel® NUC 11 Essential - NUC11ATKC4." <https://www.intel.co.id/content/www/id/id/products/sku/217669/intel-nuc-11-essential-kit-nuc11atkc4/specifications.html> (accessed Jun. 07, 2023).
- "VENGEANCE® Series 8GB (1 x 8GB) DDR4 SODIMM 3200MHz CL22 Memory Kit." <https://www.corsair.com/ww/en/p/memory/cmsx8gx4m1a3200c22/vengeance-series-8gb-1-x-8gb-ddr4-sodimm-3200mhz-cl22-memory-kit-cmsx8gx4m1a3200c22> (accessed Jun. 07, 2023).
- "V-GeN SSD M.2 NVMe - V-GeN." <https://v-gen.co.id/ssd/v-gen-ssd-m-2-nvme/> (accessed Jun. 07, 2023).
- Phoronix Test Suite, *Phoronix Test Suite v6.2.0 (Gamvik)*, vol. 0. Phoronix Test Suite, 2022.
- Phoronix Test Suite, "Phoronix Test Suite - Features." <https://www.phoronix-test-suite.com/?k=features> (accessed Jun. 07, 2023).
- G. K. Adam, N. Petrellis, and L. T. Doulos, "Performance Assessment of Linux Kernels with PREEMPT_RT on ARM-Based Embedded Devices," *Electronics*, vol. 10, no. 11, p. 1331, Jun. 2021, doi: 10.3390/electronics10111331.