

STUDI KOMPARATIF PERFORMA LAPTOP DENGAN CPU BERBASIS ARSITEKTUR x86 DAN ARM

Altaf Hafeesa Imtiaz, Supriyanto

Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
altafhafeesaimtiaz@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital mendorong meningkatnya kebutuhan akan laptop yang memiliki performa tinggi serta efisiensi energi yang baik. Central Processing Unit (CPU) menjadi komponen utama yang menentukan kinerja dan daya tahan perangkat. Saat ini, dua arsitektur CPU yang banyak digunakan adalah x86 dan ARM, yang memiliki perbedaan mendasar dalam desain dan karakteristik pemrosesan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa laptop berbasis arsitektur x86 dan ARM menggunakan pendekatan studi komparatif. Objek penelitian terdiri atas MacBook Air 2019 dengan prosesor Intel Core i5 berbasis x86 dan MacBook Air M1 2020 dengan prosesor Apple M1 berbasis ARM. Parameter yang dianalisis meliputi suhu operasional, masa pakai baterai (battery life), serta skor benchmark CPU single-core dan multi-core menggunakan GeekBench 6 dan CineBench R23. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laptop berbasis ARM memiliki suhu yang lebih rendah, ketahanan baterai yang lebih lama, serta skor benchmark yang lebih tinggi dibandingkan laptop berbasis x86. Temuan ini menunjukkan bahwa arsitektur ARM mampu memberikan performa yang unggul sekaligus efisiensi energi yang lebih baik, sehingga berpotensi menjadi alternatif utama arsitektur x86 pada laptop modern.

Kata kunci: ARM (Advanced RISC Machine), x86, RISC (Reduced Instruction Set Computing), CISC (Complex Instruction Set Computing), CPU

1. PENDAHULUAN

Di era digital seperti sekarang ini, kita tak akan lepas dari perangkat-perangkat elektronik seperti handphone, laptop, komputer dan lain sebagainya[1]. Dan semakin berkembangnya era digital, kebutuhan akan perangkat elektronik yang memiliki performa tinggi, efisien dan hemat energi juga semakin meningkat. CPU (Central Processing Unit) memiliki kontribusi yang sangat vital untuk sistem komputer, berperan sebagai otak komputer yang mengurus seluruh kinerja perangkat.

CPU itu sendiri memiliki dua tipe ISA (Instruction Set Algorithm), yaitu RISC (Reduced Instruction Set Computer), dan CISC (Complex Instruction Set Computer). Selain itu, terdapat juga dua jenis arsitektur CPU: x86 (CISC), dan ARM (RISC). CPU berbasis ARM memiliki konsumsi daya yang cukup rendah, dengan set instruksi berbasis RISC yang lebih simple dibandingkan dengan arsitektur x86. Sedangkan konsumsi daya CPU berbasis x86 lebih tinggi, dengan trade-off peningkatan performa yang lebih besar.

Arsitektur x86, dengan performa yang tinggi dan penggunaan daya yang besar, digunakan untuk perangkat seperti komputer, laptop, server, dan konsol game modern. Perangkat-perangkat tersebut menggunakan CPU antara dari Intel, dengan seri Core, atau AMD dengan seri Ryzen[2]. Arsitektur ARM yang diproduksi oleh ARM Holdings dengan seri Cortex, lebih efisien dengan penggunaan daya, lebih cocok untuk perangkat mobile dan embedded system yang memiliki battery life (masa pakai baterai) panjang.

Meski awalnya Apple menggunakan prosesor Intel (CPU berbasis x86) untuk produk-produk seperti MacBook dan iMac, pada akhir tahun 2020, Apple untuk pertama kalinya menggunakan CPU berbasis ARM, yaitu M1. SoC (System-on-a-Chip) M1 dirancang untuk efisiensi daya, namun tidak mengorbankan performa. Apple dengan confidence mereka terhadap performa dari CPU M1, bahkan mendesain generasi laptop MacBook tahun 2020 tanpa adanya kipas (fanless), sesuatu yang tak akan memungkinkan dengan generasi MacBook terdahulu, mengingat x86 yang bisa dibilang “rakus” dalam konsumsi daya [3], [4].

Sekarang, tersedia beragam studi dan penelitian yang membandingkan kedua arsitektur CPU ini.[4] membandingkan performa dan *requests per second per watt* di antara beberapa prosesor x86 (termasuk Intel Atom dan prosesor Xeon) serta ARM (termasuk ARM Cortex-A8 dan ARM Cortex-A9), untuk analisis efisiensi energi sistem pada *high-performance computing*. Hasilnya menunjukkan bahwa ARM umumnya unggul dalam efisiensi energi saat diukur pada metrik kerja/joule,. [5] membandingkan skor benchmark dari x86 dan ARM melalui berbagai software untuk tes benchmark. [6] mengadakan studi kasus NLP (Natural Language Processing) untuk menganalisis performa platform serverless. Wajid Ali [7] dalam artikelnya, mengeksplor efisiensi daya, skalabilitas, dan fleksibilitas arsitektur menggunakan software simulator Gem5. [8] mengevaluasi performa sistem ARM dan x86 dalam menciptakan sistem High-Performance Computing (HPC). [9] membandingkan kemampuan prosesor berarsitektur

ARM keluaran Apple, yaitu Apple M1 dan Apple M2, untuk mengerjakan berbagai aplikasi machine learning dasar.

Artikel ini bertujuan untuk membandingkan performa dari kedua laptop berarsitektur x86 dan ARM, namun tidak akan terlalu mendalam. Data komparatif yang akan dipakai hanya suhu laptop saat idle, melakukan aktivitas ringan, maupun ketika sedang melakukan aktivitas berat, masa pakai baterai atau ketahanan baterai (battery life), Dan untuk perbandingan terakhir, skor dari performa benchmark CPU juga akan digunakan dalam penelitian artikel ini, data yang akan diambil dari tes benchmark adalah skor benchmark CPU single-core dan multi-core.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Arsitektur Komputer

Teori arsitektur komputer merupakan cabang dari ilmu komputer yang membahas tentang rancangan dan organisasi dasar dari sistem komputer, khususnya unit pemrosesan pusat (CPU). Arsitektur komputer mencakup bagaimana prosesor mengeksekusi instruksi, mengatur memori, serta mengelola input dan output. Dua jenis arsitektur yang umum digunakan saat ini adalah x86 dan ARM, yang memiliki pendekatan berbeda dalam mendesain instruksi dan efisiensi pemrosesan. Arsitektur x86 dikenal dengan kompleksitas instruksinya (CISC – Complex Instruction Set Computer), sementara ARM menggunakan pendekatan RISC (Reduced Instruction Set Computer) yang lebih sederhana dan hemat energi. Perbedaan ini berpengaruh langsung terhadap performa dan efisiensi laptop yang menggunakan masing-masing arsitektur tersebut. Pemahaman terhadap teori arsitektur komputer penting dalam studi komparatif karena memungkinkan peneliti menganalisis bagaimana desain perangkat keras memengaruhi kinerja keseluruhan sistem. Dalam sebuah penelitian menjelaskan bahwa keunggulan ARM dalam efisiensi energi dan thermal pada perangkat mobile/laptop dibandingkan desain CISC x86 tradisional [7], selain itu penelitian lain menjelaskan bahwa prosesor x86 lebih boros daripada ARM [4].

2.2. Teori Efisiensi Energi dalam Sistem Komputasi

Teori efisiensi energi dalam sistem komputasi membahas bagaimana perangkat keras dan perangkat lunak dirancang untuk memaksimalkan kinerja sambil meminimalkan konsumsi daya [10]. Efisiensi energi menjadi sangat penting dalam perangkat portabel seperti laptop, di mana daya baterai terbatas. Arsitektur prosesor memainkan peran kunci dalam efisiensi ini—misalnya, prosesor ARM dirancang dengan pendekatan RISC yang cenderung lebih hemat energi dibandingkan arsitektur x86 yang lebih kompleks. Teori ini menekankan pentingnya rasio antara performa dan daya yang digunakan, sering disebut sebagai "performance per watt". Dalam

konteks ini, desain sistem yang efisien tidak hanya cepat, tetapi juga mampu menjalankan lebih banyak instruksi dengan daya yang lebih rendah, sehingga menghasilkan perangkat yang lebih ramah lingkungan dan tahan lama. Efisiensi energi kini menjadi tolok ukur penting dalam evaluasi sistem komputasi modern.

2.3. Teori Kinerja Sistem Komputer

Teori kinerja sistem komputer membahas cara mengukur, menganalisis, dan membandingkan performa komputasi dari suatu sistem berdasarkan parameter tertentu[11], seperti kecepatan eksekusi, throughput, latency, dan efisiensi pemrosesan. Dalam konteks prosesor, kinerja diukur berdasarkan kemampuan menjalankan instruksi dalam waktu tertentu (Instructions Per Cycle atau IPC), serta clock speed. Faktor lain seperti arsitektur CPU, manajemen memori, dan efisiensi instruksi juga berpengaruh terhadap kinerja keseluruhan. Teori ini menjadi dasar penting dalam studi komparatif karena memungkinkan evaluasi objektif terhadap sistem berbasis arsitektur berbeda, seperti x86 dan ARM. Melalui teori ini, peneliti dapat menentukan sistem mana yang lebih optimal untuk tugas tertentu, baik dari sisi kecepatan maupun efisiensi daya.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan studi komparatif, yang di mana tujuan dari pendekatan ini adalah untuk membandingkan performa dari CPU x86 dan ARM. Teknik pengumpulan data dengan menggunakan studi dokumentasi dengan cara Pengumpulan data spesifikasi teknis, arsitektur internal, dan hasil benchmark dari situs resmi (Intel, AMD, ARM, Apple) dan sumber sekunder lainnya (GeekBench dan CineBench). Berikut langkah-langkah dalam metode penelitian ini:

Bahan Uji :

Laptop dengan CPU berbasis arsitektur x86 dan ARM yang akan menjadi perbandingan dalam artikel ini adalah:

- a. x86: MacBook Air 2019, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Prosesor: Intel Core i5 dual-core 1,6 GHz, Turbo Boost hingga 3,6 GHz, dengan cache L3 sebesar 4MB
 - RAM: LPDDR3 2133 MHz sebesar 8 GB
 - SSD berbasis PCIe 128 GB
- b. ARM: Macbook Air M1 2020, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Prosesor: Apple M1, yang memiliki spesifikasi:
 - 8 core dengan 4 performance core dan 4 efficiency core
 - 7-core GPU, 8-core GPU
 - 16-core Neural Engine
 - RAM 8 GB (bisa di-upgrade hingga 16 GB)
 - SSD 256 GB (dapat di-upgrade hingga 2 TB)s

Berikut data yang akan dijadikan bahan uji komparatif:

- Suhu masing-masing laptop saat sedang idle (tidak membuka aplikasi apapun), pekerjaan ringan (seperti membuka Word atau aplikasi ringan lainnya), dan pekerjaan berat.
- Battery life dari masing-masing laptop saat idle, saat dalam pekerjaan ringan dan pekerjaan berat.
- Skor benchmark single-core dan multi-core masing-masing laptop. Software yang akan digunakan dalam uji skor benchmark ini adalah GeekBench 6 dan CineBench R23.

Awalnya performa masing-masing laptop ketika digunakan untuk bermain game sudah direncanakan. Data yang ingin diambil di antaranya adalah FPS (frame-per-second), yaitu seberapa banyak bingkai (frame) yang ditampilkan per detik (standar minimum untuk PC gaming modern adalah 60 FPS), dan suhu CPU (dalam skala Celcius). Namun, hanya ada beberapa game yang secara native mendukung arsitektur ARM saat ini, dan jumlahnya tidak terlalu banyak. Kebanyakan game hanya mendukung arsitektur x86, dan meskipun masalah ini bisa diatasi oleh software emulasi RoSetta yang dikembangkan secara resmi oleh Apple, yang mampu menerjemahkan kode software x86 supaya kompatibel dengan ARM, kemungkinan ia akan memakan performa yang cukup signifikan. Lagi, mengingat bahwa target pasar laptop seri MacBook itu sendiri ditujukan bukan untuk para gamer, dan lebih cocok untuk pengguna umum dan produktifitas sehari-hari, maka rencana perbandingan performa gaming harus diurungkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbandingan Suhu (°C)

Suhu laptop MacBook Air i5 2019 dan MacBook Air M1 2020 ketika idle (sangat ringan), melakukan pekerjaan ringan seperti membuka dokumen Microsoft Word, dan pekerjaan berat tersedia di Tabel 1. Suhu ruangan tentu juga akan berpengaruh atas sepanas atau se dingin apa suhu laptop, begitu juga usia laptop.

Tabel 1. Data Komparatif Suhu Laptop

Aktivitas	MacBook Air i5 2019	MacBook Air M1 2020
Idle	35-45 °C	30-35 °C
Pekerjaan ringan	45-60 °C	35-50 °C
Pekerjaan berat	70-85 °C	55-70 °C

Data komparatif suhu sudah tertera di Tabel 1. Berdasarkan data yang disajikan di atas, suhu MacBook Air M1 2020 lebih rendah sekitar 5-15 °C dari kakaknya, MacBook Air i5 2019. Data ini membuktikan ringannya konsumsi daya dari prosesor M1 yang menggunakan arsitektur ARM dibandingkan Intel i5 yang menggunakan arsitektur x86.

4.2. Perbandingan Masa Pakai Baterai (Battery Life)

Tabel 2 menyediakan data masa pakai baterai dari masing-masing laptop, ketika sedang idle, sedang melakukan pekerjaan ringan dan saat sedang melakukan pekerjaan berat. Meskipun dapat diidentifikasi laptop mana yang akan lebih tahan lama, tidak ada salahnya untuk membandingkan masa hidup baterai dalam satuan jam.

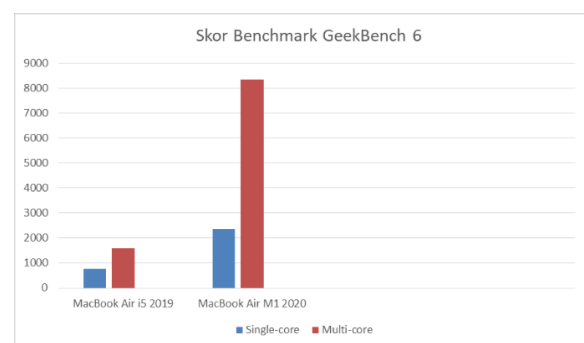
Tabel 2. Data Komparatif Masa Hidup Baterai

Aktivitas	MacBook Air i5 2019	MacBook Air M1 2020
Idle	8-10 jam	18-24 jam
Pekerjaan ringan	6-9 jam	10-18 jam
Pekerjaan berat	4-6 jam	8-12 jam

Dalam data komparatif yang disediakan di Tabel 2, MacBook Air M1 2020 sekali lagi lebih unggul dari MacBook Air i5 2019, dengan baterai yang lebih tahan selama 10-14 jam saat idle, 4-9 jam saat melakukan pekerjaan ringan, dan 4-6 jam lebih lama saat melakukan pekerjaan berat.

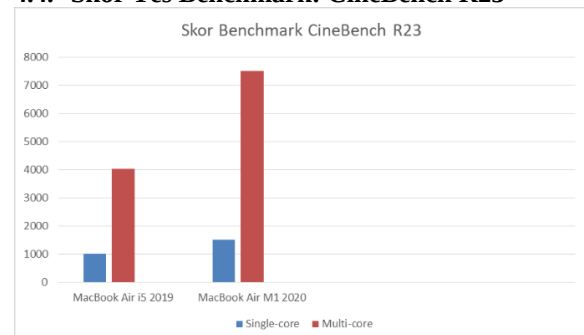
4.3. Skor Tes Benchmark: GeekBench 6

Skor dari hasil tes benchmark MacBook Air i5 2019 dan MacBook Air M1 2020 akan disediakan di Grafik 1. Tidak hanya skor single-core, Grafik 1 juga akan membandingkan skor multi-core dari masing-masing laptop.



Gambar 1. Skor Tes Benchmark GeekBench 6

4.4. Skor Tes Benchmark: CineBench R23



Gambar 2. Skor Tes Benchmark CineBench R23

Sekarang software benchmark yang digunakan untuk membandingkan hasil skor tes benchmark masing-masing laptop adalah CineBench R23. Sama seperti di Grafik 1, Grafik 2 akan menyajikan skor single-core dan multi-core masing-masing laptop.

Dari data yang disajikan di Grafik 2, skor single-core dari Macbook Air i5 2019 adalah 998, dengan skor multi-core 4017. Sedangkan skor hasil tes benchmark dari MacBook Air M1 2020 jauh lebih tinggi dibandingkan kakaknya, dengan skor single-core 1498 dan skor multi-core 7508.

5. KESIMPULAN

Setelah melihat hasil temuan dari data komparatif MacBook Air i5 2019 dengan CPU berarsitektur x86 dan MacBook Air M1 2020 dengan CPU berarsitektur ARM, yang sudah disajikan dalam bentuk tabel dan grafik bar chart, terbukti bahwa CPU ARM mampu mengalahkan CPU x86 dalam berbagai bidang, dari segi suhu, ketahanan baterai, maupun performa benchmark. Yang lebih mengesankan lagi, MacBook Air M1 tidak memiliki pendingin internal seperti kipas, keunggulan yang tidak memungkinkan untuk dimiliki CPU x86 karena konsumsi daya-nya yang besar, menyebabkan suhu panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan ARM, dengan filosofi desain ISA RISC yang lebih simpel dari CISC, mampu memberikan performa yang kuat namun juga efisien dalam penggunaan daya. Yang amat disayangkan adalah, diurungkannya perbandingan performa gaming dari kedua laptop, dikarenakan set instruksi arsitektur yang berbeda satu sama lain.

Dengan hasil yang memuaskan ini, dapat disimpulkan bahwa arsitektur ARM sudah dapat mendekati, dan bahkan sudah melampaui, kekuatan dan kemampuan dari arsitektur x86. Mungkin kedepannya di masa-masa mendatang, perangkat embedded system dan IoT yang memiliki ukuran kecil, akan mendukung lebih banyak fitur yang bermanfaat seiring berkembangnya teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Iman, "Phenomenon of Gadget Dependence in Learning in the Digital Era for Students," *IJESH*, vol. 2, no. 4, pp. 17–25, Dec. 2025, doi: 10.62945/ijesh.v2i4.826.
- [2] R. H. AlShekh, S. A. Dawwd, and F. N. Qassabbashi, "Comparative Review of Multicore Architectures: Intel, AMD, and ARM in the Modern Computing Era," *Chips*, vol. 4, no. 4, p. 44, Oct. 2025, doi: 10.3390/chips4040044.
- [3] G. Regi, J. J. Kunnappally, and R. Yunus, "Comparative Analysis of Energy Efficiency Between ARM and x86 Architectures in Mobile Devices and Its Implications for Human-Computer Interaction," *kjcs*, pp. 54–67, Feb. 2025, doi: 10.59176/kjcs.v4i1.2434.
- [4] R. V. Aroca and L. M. G. Gonçalves, "Towards green data centers: A comparison of x86 and ARM architectures power efficiency," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 72, no. 12, pp. 1770–1780, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.jpdc.2012.08.005.
- [5] K. Gupta and T. Sharma, "Changing Trends in Computer Architecture: A Comprehensive Analysis of ARM and x86 Processors," *IJSRCSEIT*, pp. 619–631, Jun. 2021, doi: 10.32628/CSEIT2173188.
- [6] D. Lambion, R. Schmitz, R. Cordingly, N. Heydari, and W. Lloyd, "Characterizing X86 and ARM Serverless Performance Variation: A Natural Language Processing Case Study," in *Companion of the 2022 ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering*, Beijing China: ACM, Jul. 2022, pp. 69–75. doi: 10.1145/3491204.3543506.
- [7] Z. Ali, T. Tanveer, S. Aziz, M. Usman, and A. Azam, "Reassessing the Performance of ARM vs x86 with Recent Technological Shift of Apple," in *2022 International Conference on IT and Industrial Technologies (ICIT)*, Chiniot, Pakistan: IEEE, Oct. 2022, pp. 01–06. doi: 10.1109/ICIT56493.2022.9988933.
- [8] Kumar, et al, "Performance Evaluation of ARM-based versus x86- based Processors in High Performance Computing Clusters," *JISRC*, vol. 21, no. 2, 2023, doi: 10.31645/JISRC.23.21.2.6.
- [9] D. Kasperek, P. Antonowicz, M. Baranowski, M. Sokolowska, and M. Podpora, "Comparison of the Usability of Apple M2 and M1 Processors for Various Machine Learning Tasks," *Sensors*, vol. 23, no. 12, p. 5424, Jun. 2023, doi: 10.3390/s23125424.
- [10] A. Prieto, B. Prieto, J. J. Escobar, and T. Lampert, "Evolution of computing energy efficiency: Koomey's law revisited," *Cluster Comput*, vol. 28, no. 1, p. 42, Feb. 2025, doi: 10.1007/s10586-024-04767-y.
- [11] D. J. Lilja, *Measuring computer performance: a practitioner's guide*. Cambridge (G.B.): Cambridge university press, 2000.