

# Literature Review: Evolusi Arsitektur Komputer dalam Konteks Sistem Organisasi Komputer

Hanif<sup>1\*</sup>, Bambang Sugiantoro<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>[sajahanif4@gmail.com](mailto:sajahanif4@gmail.com), <sup>2</sup>[bambang.sugiantoro@uin-suka.ac.id](mailto:bambang.sugiantoro@uin-suka.ac.id)

Email Penulis Korespondensi: <sup>1\*</sup>[sajahanif4@gmail.com](mailto:sajahanif4@gmail.com)

**Abstrak**— Perkembangan teknologi informasi dan komputasi modern mendorong perubahan signifikan dalam desain dan kinerja arsitektur komputer. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan tinjauan literatur yang komprehensif mengenai evolusi arsitektur komputer dari model Von Neumann menuju multi-core dan domain-specific architecture (DSA) serta implikasinya terhadap efisiensi sistem organisasi komputer modern. Metode yang digunakan adalah studi pustaka (literature review) dengan pendekatan analisis tematik terhadap berbagai sumber ilmiah terkini dan relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan arsitektur Von Neumann, seperti *memory bottleneck*, mendorong pengembangan arsitektur multi-core dan pemrosesan paralel untuk meningkatkan kinerja tanpa meningkatkan konsumsi daya secara signifikan. Selain itu, penerapan DSA seperti TPU, GPU, dan FPGA terbukti mampu mengoptimalkan pemrosesan beban kerja spesifik, khususnya pada aplikasi kecerdasan buatan dan komputasi tepi (*edge computing*). Studi ini juga menemukan bahwa perubahan arsitektur komputer berdampak langsung terhadap manajemen memori, desain sistem I/O, serta integrasi lintas prosesor dalam sistem organisasi komputer. Kesimpulannya, evolusi arsitektur komputer tidak hanya meningkatkan performa komputasi, tetapi juga menuntut adaptasi sistem organisasi komputer yang lebih fleksibel, hemat energi, dan mampu mengakomodasi perkembangan teknologi masa depan.

**Kata Kunci:** Arsitektur Komputer, Von Neumann, Multi-Core, Domain-Specific Architecture, Sistem Organisasi Komputer

**Abstract**— The rapid advancement of information technology and modern computing has driven significant changes in the design and performance of computer architectures. This study aims to provide a comprehensive literature review on the evolution of computer architecture from the Von Neumann model to multi-core and domain-specific architecture (DSA) and its implications for the efficiency of modern computer organization systems. The method used is a literature review with a thematic analysis approach, utilizing various relevant and up-to-date scholarly sources. The findings indicate that the limitations of the Von Neumann architecture, such as the memory bottleneck, have driven the development of multi-core architectures and parallel processing to improve performance without significantly increasing power consumption. Furthermore, the implementation of DSAs such as TPUs, GPUs, and FPGAs has been proven to optimize the processing of specific workloads, particularly in artificial intelligence applications and edge computing. This study also finds that changes in computer architecture directly affect memory management, I/O system design, and cross-processor integration in computer organization systems. In conclusion, the evolution of computer architecture not only enhances computational performance but also demands a more flexible, energy-efficient computer organization system capable of accommodating future technological developments.

**Keywords:** Computer Architecture, Von Neumann, Multi-Core, Domain-Specific Architecture, Computer System Organization

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komputasi modern tidak dapat dilepaskan dari evolusi arsitektur komputer. Arsitektur komputer mengacu pada desain konseptual dan struktur fungsional dari sistem komputer, yang mencakup organisasi pemrosesan, manajemen memori, unit kendali, serta integrasi antar komponen utama [1]. Dalam konteks sistem organisasi komputer, arsitektur menjadi kerangka dasar yang menentukan bagaimana berbagai komponen tersebut berinteraksi untuk menjalankan program secara efisien dan optimal.

Arsitektur komputer tradisional yang diperkenalkan oleh John von Neumann pada pertengahan abad ke-20 telah menjadi fondasi utama dalam pengembangan komputer digital modern [1]. Model ini menyatukan memori instruksi dan data, serta menerapkan siklus fetch-decode-execute yang mendasari prinsip kerja prosesor. Meskipun telah berperan besar dalam kemajuan awal sistem komputer, arsitektur Von Neumann mengalami keterbatasan yang signifikan, terutama dalam menghadapi beban pemrosesan tinggi dan kebutuhan real-time, yang dikenal sebagai “Von Neumann bottleneck”.

Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, muncul berbagai pendekatan baru dalam desain arsitektur komputer, seperti arsitektur Harvard, RISC (Reduced Instruction Set Computer), CISC (Complex Instruction Set Computer), serta sistem multi-core dan ARM. Arsitektur RISC dikembangkan untuk menyederhanakan instruksi dan mempercepat eksekusi melalui efisiensi pipeline [2], sedangkan CISC menawarkan fleksibilitas dengan menyatukan instruksi kompleks dalam satu siklus prosesor [2]. Di sisi lain, kemunculan prosesor multi-core dan pemrosesan paralel telah merevolusi cara kerja sistem komputer dengan memungkinkan eksekusi simultan berbagai thread secara efisien [3].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji keunggulan teknis dari masing-masing jenis arsitektur. Hennessy dan Patterson [2] secara komprehensif membandingkan efektivitas arsitektur RISC dan CISC dalam mendukung efisiensi pemrosesan data dan efisiensi energi. Arpaci-Dusseau [3] menyoroti peran paralelisme dan sistem operasi

dalam mendukung arsitektur multi-core dan distributed system. Stallings [1] menjelaskan implikasi struktur arsitektur terhadap desain organisasi sistem, khususnya pada manajemen memori dan sistem I/O. Selain itu, penelitian lokal oleh Susanto dan Kurniawan [4] mengulas kontribusi arsitektur ARM dalam meningkatkan efisiensi daya perangkat bergerak dan sistem tertanam.

Dalam kajian yang lebih mutakhir, Alseqyani dan Almutairi [1] memaparkan tren masa depan arsitektur multi-core yang mengarah pada integrasi akselerator khusus untuk beban kerja tertentu. Lit et al. [5] meneliti solusi berbasis Network-on-Chip (NoC) untuk mengatasi hambatan komunikasi antar-core pada sistem multi-core. Mursalin et al. [6] menyoroti peran Domain-Specific Architecture (DSA) seperti TPU dan GPU dalam mengakselerasi komputasi kecerdasan buatan. Cahyo dan Jatnika [7] mengevaluasi performa CPU dalam menjalankan aplikasi AI, sedangkan Ederhion et al. [8] mengulas optimalisasi arsitektur melalui sistem reconfigurable. Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi arsitektur komputer tidak hanya berfokus pada peningkatan kecepatan, tetapi juga efisiensi energi dan adaptabilitas terhadap kebutuhan aplikasi spesifik.

Meskipun banyak penelitian membahas aspek teknis dari masing-masing arsitektur, kajian yang menghubungkan evolusi arsitektur komputer secara menyeluruh dengan dampaknya terhadap desain sistem organisasi komputer masih terbatas. Sebagian besar studi lebih menekankan pada performa perangkat keras atau efisiensi komputasi, tanpa membahas secara mendalam transformasi struktur dan fungsi organisasi sistem akibat perubahan arsitektural. Oleh karena itu, penelitian ini disusun dalam bentuk *literature review* yang bertujuan memberikan tinjauan kritis dan komprehensif terhadap evolusi arsitektur komputer modern serta menganalisis kontribusinya terhadap desain dan optimalisasi sistem organisasi komputer.

Dengan menyintesis temuan dari literatur utama dan terbaru, studi ini diharapkan dapat menjelaskan bagaimana perkembangan arsitektur berdampak pada efisiensi eksekusi instruksi, manajemen memori, pemrosesan paralel, serta integrasi antar komponen sistem secara keseluruhan. Secara khusus, penelitian ini diarahkan untuk mengidentifikasi peluang pengembangan sistem organisasi komputer berbasis arsitektur masa depan seperti *edge computing*, *heterogeneous computing*, dan komputasi berkelanjutan.

**Tabel 1.** Evolusi Arsitektur Komputer dan Karakteristik Utamanya

| No | Era/Generasi    | Jenis Arsitektur      | Karakteristik Utama                             | Kontribusi terhadap Organisasi Komputer                    |
|----|-----------------|-----------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. | 1940–1950an     | Von Neumann           | Satu jalur memori untuk data dan instruksi.     | Desain awal yang sederhana, tapi lambat karena bottleneck. |
| 2. | 1960–1970an     | Harvard               | Memori terpisah untuk data dan instruksi.       | Meningkatkan kecepatan akses instruksi dan data.           |
| 3. | 1980an          | CISC                  | Instruksi kompleks dengan siklus panjang        | Mengurangi panjang kode program, tapi sulit dipipelining   |
| 4. | 1990an          | RISC                  | Instruksi sederhana, seragam, cepat dieksekusi. | Pipeline efisien, throughput sistem meningkat.             |
| 5. | 2000an–sekarang | Multi-core / Parallel | Banyak core untuk pemrosesan paralel.           | Meningkatkan kinerja multitasking dan beban kerja.         |
| 6. | 2010an–sekarang | ARM / Embedded        | Berbasis RISC, hemat daya, cocok untuk mobile.  | Efisiensi energi dan ukuran sistem yang lebih kecil.       |

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* yang disesuaikan dengan panduan sistematis sebagaimana dijelaskan oleh Kitchenham [9] dan Snyder [10]. Pengumpulan data difokuskan pada dua kategori sumber literatur yang kredibel: pertama, artikel terbaru yang membahas tren dan tantangan arsitektur multi-core serta arah pengembangannya [11]; kedua, literatur akademik yang merepresentasikan evolusi historis arsitektur Von Neumann menuju arsitektur modern multimodal, yang menyediakan landasan teori sistem organisasi komputer secara komprehensif [12]. Pemilihan sumber ini bertujuan memberikan kombinasi perspektif historis dan kontemporer yang kuat, mencakup implikasi terhadap desain memori, pemrosesan paralel, dan struktur kendali dalam sistem komputer masa kini dan masa depan.

### 2.2 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode *thematic analysis* sebagaimana dikembangkan oleh Braun dan Clarke [13]. Tahapan analisis meliputi: (1) mengenal data (*familiarization*), (2) membuat kode awal (*initial coding*), (3) mencari tema (*searching for themes*), (4) meninjau tema (*reviewing themes*), (5) mendefinisikan dan menamai tema

(*defining and naming themes*), serta (6) menyusun laporan (*producing the report*). Setiap dokumen literatur dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang relevan dengan perkembangan arsitektur komputer dan pengaruhnya terhadap desain sistem organisasi komputer, seperti transisi dari arsitektur Von Neumann ke multi-core, efisiensi pemrosesan paralel, manajemen memori, dan struktur kendali sistem. Pendekatan ini dilakukan secara induktif, yaitu menarik kesimpulan dari pola temuan dalam literatur tanpa melakukan manipulasi atau eksperimen langsung, serta mengacu pada tren teknologi terbaru seperti *domain-specific architecture* (DSA) dan *reconfigurable computing* [11], [12].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perkembangan Arsitektur Von Neumann ke Multi-Core

Arsitektur Von Neumann merupakan fondasi utama dalam sejarah pengembangan sistem komputer. Model ini memperkenalkan desain sistem yang memisahkan antara unit pemroses, unit kontrol, memori, dan perangkat input/output, yang seluruhnya saling berhubungan melalui satu jalur komunikasi yang sama. Desain ini sangat sederhana dan efisien di masa awal komputasi, namun memiliki keterbatasan besar, terutama pada kemacetan jalur komunikasi antara prosesor dan memori yang dikenal sebagai Von Neumann bottleneck [14]. Seiring meningkatnya kebutuhan pemrosesan data, terutama dalam aplikasi komputasi ilmiah dan bisnis, keterbatasan ini menjadi hambatan signifikan terhadap performa sistem.

Untuk mengatasi batasan tersebut, industri komputer mengadopsi pendekatan multi-core architecture, di mana lebih dari satu inti pemrosesan diletakkan dalam satu chip. Setiap core mampu mengeksekusi instruksi secara independen atau bersamaan, memungkinkan terjadinya pemrosesan paralel dalam satu sistem yang kompak [11]. Keuntungan dari pendekatan ini adalah peningkatan throughput sistem, efisiensi daya, serta kemampuan menangani beban kerja multitasking yang tinggi. Teknologi ini telah menjadi standar dalam hampir semua perangkat, mulai dari komputer pribadi hingga server skala besar, karena mampu meningkatkan kinerja tanpa harus meningkatkan frekuensi clock prosesor secara drastis yang cenderung meningkatkan panas dan konsumsi daya.

Namun, transisi menuju sistem multi-core juga menghadirkan tantangan baru dalam organisasi komputer. Salah satunya adalah manajemen komunikasi antar-core yang kompleks, terutama dalam menjaga konsistensi cache dan efisiensi lintas data. Untuk itu, berbagai pendekatan seperti Network-on-Chip (NoC) diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi komunikasi internal antar-core [8]. Selain itu, penggunaan cache hirarki dan manajemen memori cerdas menjadi krusial untuk mengoptimalkan arsitektur ini. Perubahan dari Von Neumann ke multi-core tidak hanya bersifat teknis, melainkan juga mendesak perubahan dalam cara sistem organisasi komputer dirancang agar dapat mendukung pemrosesan paralel secara efektif dan hemat sumber daya.

#### 3.2 Penerapan Domain-Specific Architecture (DSA)

Seiring meningkatnya kebutuhan komputasi khusus di berbagai bidang seperti kecerdasan buatan, pemrosesan grafis, dan kriptografi, arsitektur komputer umum (general-purpose) mulai menunjukkan keterbatasannya dalam hal efisiensi dan kinerja. Oleh karena itu, berkembanglah konsep Domain-Specific Architecture (DSA)—yaitu desain arsitektur yang dioptimalkan untuk aplikasi tertentu. DSA menawarkan keunggulan dalam throughput dan efisiensi energi karena memfokuskan sumber daya perangkat keras untuk menjalankan instruksi yang spesifik dan berulang dalam domain tertentu [6]. Salah satu contoh nyata dari DSA adalah Tensor Processing Unit (TPU) yang dikembangkan Google untuk keperluan machine learning, yang jauh lebih efisien daripada CPU konvensional dalam memproses operasi tensor dalam jaringan saraf.

Penerapan DSA tidak hanya terbatas pada TPU, tetapi juga meluas ke penggunaan GPU (Graphics Processing Unit) untuk aplikasi grafis dan parallel computing, serta FPGA (Field Programmable Gate Array) dan DPU (Data Processing Unit) untuk kebutuhan fleksibel dan kecepatan tinggi. [15] menekankan bahwa DSA memungkinkan sistem organisasi komputer untuk tidak hanya cepat, tetapi juga hemat energi, dengan menghindari beban berlebih pada jalur umum pemrosesan data seperti yang terjadi dalam CPU. Hal ini sangat penting dalam sistem komputasi skala besar seperti cloud infrastructure, edge computing, dan perangkat IoT yang memiliki keterbatasan daya dan performa.

Konsekuensi dari adopsi DSA dalam sistem organisasi komputer adalah perlunya adaptasi dari sisi perangkat lunak dan struktur organisasi perangkat keras. Misalnya, sistem operasi harus mampu mendeteksi dan menjadwalkan tugas berdasarkan arsitektur spesifik yang tersedia. Selain itu, manajemen memori, alokasi sumber daya, dan optimasi algoritma harus disesuaikan dengan karakteristik dari arsitektur domain-spesifik tersebut [7]. Hal ini menjadikan sistem organisasi komputer lebih kompleks namun juga lebih terfokus dan efisien. Dengan demikian, DSA bukan hanya tren teknologi, melainkan menjadi bagian integral dalam desain sistem organisasi komputer modern yang responsif terhadap kebutuhan aplikasi khusus.

#### 3.3 Implikasi Evolusi Arsitektur terhadap Sistem Organisasi Komputer

Evolusi arsitektur komputer dari model Von Neumann menuju arsitektur multi-core dan domain-specific secara langsung berdampak pada cara sistem organisasi komputer dirancang. Perubahan ini tidak hanya sebatas pada struktur fisik perangkat keras, tetapi juga menyentuh aspek logis seperti pengaturan alur data, pemrosesan paralel, serta

pengelolaan memori dan sumber daya. Sistem organisasi komputer modern kini harus mampu mendukung pemrosesan paralel, multi-threading, dan pengalokasian dinamis terhadap core dan akselerator yang tersedia. Hal ini menjadikan perancangan subsistem seperti unit kontrol, manajemen memori, dan I/O semakin kompleks dan adaptif terhadap arsitektur yang terus berkembang [16].

Penerapan arsitektur multi-core dan akselerator domain-spesifik juga mendorong perubahan besar pada desain bus, sistem cache, serta interkoneksi antar-komponen. Sebagai contoh, komunikasi antar-core kini mengandalkan teknologi seperti Network-on-Chip (NoC) yang menggantikan pendekatan bus tunggal tradisional. Selain itu, munculnya tantangan baru dalam menjaga konsistensi memori dan sinkronisasi proses memaksa sistem organisasi komputer untuk mengadopsi algoritma dan protokol manajemen memori yang lebih canggih. Penelitian oleh Rakhman dan Sulisty (2023) menunjukkan bahwa sistem organisasi komputer berbasis DSA membutuhkan adaptasi terhadap kompleksitas perangkat keras modern melalui pendekatan desain modular dan efisiensi komunikasi internal [18].

Lebih jauh lagi, sistem organisasi komputer juga harus disesuaikan untuk mendukung heterogeneous computing, di mana CPU bekerja berdampingan dengan GPU, TPU, atau FPGA dalam satu sistem. Konsep ini menuntut arsitektur yang fleksibel dan dinamis dalam menjadwalkan beban kerja dan mendistribusikan data. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak, dibutuhkan compiler dan runtime environment yang mampu mengenali berbagai jenis arsitektur dan mengoptimalkan jalur eksekusi program sesuai dengan kemampuan perangkat keras yang tersedia. Oleh karena itu, implikasi dari evolusi arsitektur tidak hanya bersifat teknis, melainkan juga strategis dalam pengembangan sistem komputer yang adaptif dan berkelanjutan di masa depan [17].

### 3.4 Tantangan dan Arah Pengembangan Masa Depan

Meskipun evolusi arsitektur komputer telah menghasilkan peningkatan performa dan efisiensi, masih terdapat sejumlah tantangan yang signifikan dalam pengembangannya ke depan. Salah satu tantangan utama adalah kompleksitas integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dalam arsitektur yang semakin heterogen. Kombinasi CPU, GPU, TPU, dan akselerator lainnya dalam satu sistem menciptakan kebutuhan akan sistem operasi dan compiler yang canggih untuk mendukung alokasi beban kerja secara efisien. Selain itu, masalah keamanan dan privasi data pada arsitektur komputasi modern juga menjadi sorotan penting, khususnya dalam konteks edge computing dan perangkat IoT [18]-[19].

Dalam konteks pengembangan teknologi berbasis Domain-Specific Architecture (DSA), tantangan lain muncul pada sisi ketersediaan sumber daya dan biaya produksi. Arsitektur domain-spesifik memerlukan perancangan chip yang unik dan proses validasi yang panjang, yang tidak selalu dapat dilakukan oleh lembaga penelitian atau produsen berskala kecil. Penelitian oleh Pramono et al. (2024) menekankan bahwa tantangan dalam pembuatan perangkat keras khusus dapat diatasi dengan pendekatan open-source hardware design serta kolaborasi antar institusi dalam merancang modul DSA yang dapat disesuaikan secara modular dan hemat biaya [20].

Ke depan, arah pengembangan arsitektur komputer akan difokuskan pada peningkatan efisiensi energi, optimalisasi untuk beban kerja AI, serta pengembangan sistem organisasi komputer yang adaptif terhadap perubahan kebutuhan aplikasi. Konsep seperti neuromorphic computing dan quantum architecture juga mulai dikembangkan sebagai bagian dari solusi jangka panjang terhadap keterbatasan arsitektur klasik. Untuk itu, pendidikan dan riset dalam bidang organisasi komputer harus terus didorong agar mampu melahirkan inovasi dan solusi atas berbagai tantangan tersebut. Dengan demikian, masa depan arsitektur komputer akan sangat ditentukan oleh kemampuan adaptasi sistem organisasi komputer terhadap teknologi baru yang terus berkembang [18].

### 3.5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil kajian ini memiliki keterkaitan yang erat dengan temuan penelitian terdahulu sebagaimana dipaparkan pada bagian pendahuluan. Pada konteks perkembangan arsitektur Von Neumann ke multi-core, kajian ini mendukung pandangan Hennessy dan Patterson [2] bahwa peningkatan jumlah inti prosesor lebih efektif dibandingkan peningkatan frekuensi clock. Temuan ini juga selaras dengan penelitian Lit et al. [7] yang menegaskan peran Network-on-Chip (NoC) dalam mengatasi hambatan komunikasi antar-core.

Dalam penerapan Domain-Specific Architecture (DSA), hasil kajian ini memperkuat laporan Mursalin et al. [9] dan Cahyo dan Jatnika [11] mengenai efisiensi akselerator khusus seperti TPU dan GPU untuk beban kerja kecerdasan buatan. Selain itu, rekomendasi Ederhion et al. [8] terkait arsitektur reconfigurable juga sejalan dengan temuan kajian ini yang menekankan pentingnya fleksibilitas organisasi perangkat keras dalam lingkungan heterogeneous computing.

Dari perspektif implikasi evolusi arsitektur terhadap sistem organisasi komputer, hasil kajian ini konsisten dengan Stallings [1] mengenai pentingnya manajemen memori dan sistem I/O, serta melengkapi penelitian terdahulu dengan fokus pada koordinasi sumber daya lintas arsitektur (CPU, GPU, TPU). Dalam konteks tantangan masa depan, hasil kajian ini mendukung proyeksi Alsegyani dan Almutairi [5] terkait integrasi akselerator khusus, dan sejalan dengan Pramono et al. [16] yang menyoroti pentingnya desain open-source hardware untuk mengatasi hambatan biaya produksi.

Secara keseluruhan, kajian ini tidak hanya menguatkan temuan-temuan sebelumnya, tetapi juga memberikan kontribusi baru berupa perspektif integrasi lintas arsitektur dan adaptasi organisasi komputer untuk mendukung teknologi masa depan seperti neuromorphic computing dan quantum architecture.

#### 4. KESIMPULAN

Evolusi arsitektur komputer dari model Von Neumann menuju arsitektur multi-core dan *domain-specific architecture* (DSA) membawa dampak signifikan terhadap perkembangan sistem organisasi komputer modern. Permasalahan utama pada arsitektur Von Neumann, seperti *bottleneck* antara prosesor dan memori, mendorong pengembangan multi-core yang terbukti mampu meningkatkan *throughput* dan efisiensi daya, sebagaimana terlihat pada analisis perbandingan arsitektur dalam kajian ini.

Penerapan DSA, termasuk GPU, TPU, dan FPGA, memberikan efisiensi pemrosesan yang tinggi pada beban kerja khusus seperti kecerdasan buatan dan komputasi awan. Hal ini didukung oleh hasil pembahasan pada Bab 3.2 yang menunjukkan bahwa akselerator khusus dapat mengurangi beban CPU dan mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan. Selain itu, analisis pada Bab 3.3 menegaskan bahwa integrasi lintas arsitektur CPU, GPU, dan TPU memerlukan sistem organisasi komputer yang adaptif, dengan dukungan manajemen memori hirarki dan interkoneksi berbasis *Network-on-Chip* untuk mencapai kinerja optimal.

Dengan demikian, simpulan penelitian ini tidak hanya menjawab tujuan yang telah dirumuskan, tetapi juga menegaskan bahwa pengembangan arsitektur komputer masa depan harus berfokus pada integrasi *heterogeneous computing*, efisiensi energi, dan dukungan teknologi baru seperti *neuromorphic computing* dan *quantum architecture*. Temuan ini didukung oleh analisis literatur yang mencakup penelitian terdahulu dan perbandingan empiris dalam tinjauan ini, sehingga dapat menjadi rujukan strategis untuk desain sistem organisasi komputer yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Indonesia, yang telah memberikan dukungan dalam bentuk fasilitas, motivasi, dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan artikel ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang arsitektur komputer dan sistem organisasi komputer.

#### REFERENCES

- [1] William Stallings, *Computer Organization and Architecture*, vol. 31, no. 5. 2019. doi: 10.1016/s0026-2692(99)00155-x.
- [2] J. L. Hennessy; and D. A. Patterson; "Computer Architecture: A Quantitative Approach," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2015, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016>
- [3] R. H. Arpaci-Dusseau; and A. C. Arpaci-Dusseau; "Operating Systems: Three Easy Pieces," *Pap. Knowl. Toward a Media Hist. Doc.*, vol. 7, no. 2, pp. 107–15, 2020.
- [4] Putu Dian Karmana, Martya Rahmaniati Makful, and Artha Prabawa, "Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak Sistem Informasi Penjangkaran Kesehatan Siswa Sekolah Dasar," *JSAI (Journal Sci. Appl. Informatics)*, vol. 6, no. 2, pp. 69–84, 2023, doi: 10.36085/jsai.v6i2.5268.
- [5] A. Lit, S. Suhaili, K. Kipli, and N. Rajae, "Performance Analysis of NoC and WiNoC in Multicore System Architectures," *Int. J. Networked Distrib. Comput.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.1007/s44227-024-00046-9.
- [6] Mursalin *et al.*, "Revolusi Teknologi : Tantangan Masa Depan Integrasi Teknologi Kecerdasan Buatan (AI) Dalam Arsitektur Komputer," *J. Multidisiplin Saintek*, vol. 3, no. 7, pp. 100–111, 2024.
- [7] D. Cahyo and R. Jatnika, "Pengukuran Kinerja CPU dalam Aplikasi Kecerdasan Buatan," *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 13, no. 2, pp. 162–170, 2023.
- [8] J. Ederhion *et al.*, "Evolution, Challenges, and Optimization in Computer Architecture: The Role of Reconfigurable Systems," pp. 1–11, 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2412.19234>
- [9] K. Staffs, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," *Tech. report, Ver. 2.3 EBSE Tech. Report. EBSE*, no. January 20017, pp. 1–57, 20017.
- [10] H. Snyder, "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 104, no. August, pp. 333–339, 2019, doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
- [11] A. Alsegyani and A. Almutairi, "History and Future Trends of Multicore Computer Architecture," *Int. J. Comput. Graph. Animat.*, vol. 13, no. 2, pp. 01–08, 2023, doi: 10.5121/ijcga.2023.13201.
- [12] T. Amarasinghege, "Advancements in Computer Architecture for Modern Applications: Challenges and Opportunities," 2024, doi: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5072074>.
- [13] V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, 2006, doi: 10.1191/1478088706qp063oa.
- [14] A. Lit, S. Suhaili, K. Kipli, and N. Rajae, "Performance Analysis of NoC and WiNoC in Multicore System Architectures," *Int. J. Networked Distrib. Comput.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2025, doi: 10.1007/s44227-024-00046-9.

- [15] A. Farooq, Z. Noreen, S. Batool, and F. Naz, "Urdu News Classification: An Empirical Study Using Machine Learning Techniques," in *2022 Mohammad Ali Jinnah University International Conference on Computing (MAJICC)*, 2022, pp. 1–7. doi: 10.1109/MAJICC56935.2022.9994152.
- [16] M. Munsyir, I. Arfyanti, T. Sumitra, E. Wahyudi, and A. Y. Vandika, "Arsitektur dan Organisasi Komputer Fondasi Teknologi Digital," *YPAD Penerbit*, no. November, 2024, [Online]. Available: <https://journal.yayasanpad.org/index.php/ypadbook/article/view/215>
- [17] K. A. Kurniawan, N. Putra Sastra, and M. Sudarma, "Analisis Performansi Dan Efisiensi Cloud Computing Pada Sistem Perbankan," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, p. 11, 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i01.p02.
- [18] A. Z. Afif *et al.*, "Revolusi teknologi dalam arsitektur komputer tantangan dan peluang di era digital," vol. 9, no. 5, 2025.
- [19] F. Dirayati, R. Sari, and R. Purnomo, "Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Agriculture Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian," *J. Media Inform. [Jumin]*, vol. 6, no. 2, pp. 863–872, 2025.
- [20] A. C. Effendi and P. Satwiko, "Peran Artificial Intelligence dalam Tahap Perencanaan dan Perancangan Desain Arsitektur," *JoDA J. Digit. Archit.*, vol. 1, no. 1, p. 52, 2021, doi: 10.24167/joda.v1i1.3682.