**Mobile and Embedded Computing in Parallel and Distributed Systems**

**Ahmad Jul Hadi1., Nizellya Salfani2, Haura Febria Hidayah3,**

**Nur Intan Nadila4, Asma’ul Husna5**

1\_5 Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Bumigora Mataram

[julbedong@gmail.com](mailto:julbedong@gmail.com)1,[nizellyas@gmail.com](mailto:nizellyas@gmail.com)2, [haurafebria05@gmail.com](mailto:haurafebria05@gmail.com)3,

[nadilaintan388@gmail.com](mailto:nadilaintan388@gmail.com)4, [Ulhusnaasma906@gmail.com](mailto:Ulhusnaasma906@gmail.com)5

**Abstrak**

Dalam era digital yang terus berkembang, kebutuhan akan sistem komputasi yang efisien dan responsif semakin meningkat, terutama pada perangkat mobile dan sistem tertanam (embedded). Perkembangan teknologi menuntut solusi komputasi yang mampu mengatasi keterbatasan daya, kapasitas pemrosesan, dan kondisi jaringan yang dinamis. Pendekatan melalui sistem paralel dan terdistribusi menawarkan potensi signifikan untuk meningkatkan kinerja perangkat mobile dan embedded. Namun, integrasi kedua sistem ini menghadapi tantangan teknis dan konseptual, seperti efisiensi energi, skalabilitas, keamanan, dan interoperabilitas. Penelitian-penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi pada aspek algoritmik, komunikasi antar node, dan alokasi sumber daya, meskipun sebagian besar masih terbatas pada simulasi atau konteks tertentu. Penelitian ini bertujuan menjawab kesenjangan tersebut dengan mengusulkan pendekatan integratif yang adaptif, efisien, dan aplikatif, guna mendukung komputasi mobile dan embedded dalam lingkungan sistem paralel dan terdistribusi yang dinamis.

**Kata Kunci :** Komputasi mobile, Sistem tertanam (embedded systems), Sistem parallel, Sistem terdistribusi.

**Abstract**

*In the ever-evolving digital era, the need for efficient and responsive computing systems is increasing, especially in mobile devices and embedded systems. Technological developments demand computing solutions that are able to overcome power limitations, processing capacity, and dynamic network conditions. The approach through parallel and distributed systems offers significant potential to improve the performance of mobile and embedded devices. However, the integration of these two systems faces technical and conceptual challenges, such as energy efficiency, scalability, security, and interoperability. Previous studies have contributed to the algorithmic aspects, inter-node communication, and resource allocation, although most are still limited to simulation or certain contexts. This study aims to answer this gap by proposing an adaptive, efficient, and applicable integrative approach to support mobile and embedded computing in a dynamic parallel and distributed system environment.*

*Keywords: Mobile computing, Embedded system, Parallel systems, Distributed system.*

1. **Pendahuluan**

Dalam era digital yang terus berkembang pesat, kebutuhan akan sistem komputasi yang efisien, fleksibel, dan responsif semakin meningkat(Aulia et al. 2023). Teknologi komputasi tidak lagi terbatas pada perangkat statis, tetapi telah merambah ke perangkat mobile dan sistem tertanam (embedded systems). Perangkat seperti smartphone, sensor IoT, dan sistem otomasi industri merupakan contoh nyata dari integrasi teknologi ini dalam kehidupan sehari-hari. Dengan mobilitas dan kemampuan adaptif yang tinggi, komputasi mobile dan embedded menjadi kunci utama dalam membangun ekosistem teknologi yang cerdas dan terhubung. Fenomena ini mendorong para peneliti dan praktisi untuk mengembangkan solusi komputasi yang lebih optimal dan handal. Tantangan baru muncul dalam hal efisiensi, konsumsi daya, dan kemampuan pemrosesan yang terbatas dari perangkat tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan teknologi lanjutan yang mampu menjawab berbagai permasalahan tersebut.

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penerapan sistem paralel dan terdistribusi (Tantangan 2025). Sistem paralel memungkinkan pemrosesan tugas secara bersamaan oleh beberapa prosesor dalam satu sistem, sedangkan sistem terdistribusi memanfaatkan sejumlah komputer atau node yang tersebar secara geografis untuk menjalankan tugas komputasi secara kolektif. Gabungan dari kedua sistem ini mampu meningkatkan efisiensi dan kecepatan pemrosesan data secara signifikan. Dengan adanya infrastruktur ini, tantangan komputasi berskala besar dapat diselesaikan secara lebih efektif dan efisien. Dalam konteks komputasi mobile dan tertanam, penerapan sistem paralel dan terdistribusi memberikan potensi besar untuk meningkatkan performa. Hal ini termasuk dalam optimalisasi komunikasi antar perangkat dan distribusi beban kerja. Namun demikian, implementasi dalam skala nyata masih menghadapi berbagai hambatan teknis dan konseptual.

Komputasi mobile memiliki karakteristik unik seperti mobilitas tinggi, keterbatasan daya, dan konektivitas yang dinamis(Muhammad and Febrina Ernungtyas 2021). Perangkat ini harus mampu beroperasi dalam berbagai kondisi jaringan serta memiliki kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang berubah-ubah. Sementara itu, sistem embedded biasanya memiliki sumber daya yang sangat terbatas dalam hal memori, daya, dan kapasitas pemrosesan. Oleh karena itu, integrasi sistem paralel dan terdistribusi dalam konteks mobile dan embedded computing bukanlah hal yang sederhana. Diperlukan strategi desain dan algoritma yang cermat agar sistem dapat berfungsi secara optimal tanpa membebani sumber daya perangkat. Selain itu, pendekatan ini harus mampu menjamin keandalan dan keamanan data yang diproses secara bersama. Penyesuaian teknologi untuk mengatasi keterbatasan tersebut menjadi hal krusial dalam penelitian ini.

Perkembangan teknologi jaringan seperti 5G, edge computing, dan cloud computing membuka peluang besar untuk mendukung sistem komputasi mobile dan embedded yang terhubung secara paralel dan terdistribusi(Valensia et al. n.d.). Dengan latency rendah dan bandwidth yang tinggi, teknologi ini memungkinkan komunikasi yang lebih cepat dan efisien antar node dalam sistem. Kombinasi ini menciptakan peluang besar untuk membangun sistem yang cerdas, adaptif, dan scalable. Dalam banyak kasus, integrasi teknologi tersebut dimanfaatkan untuk membangun ekosistem Internet of Things (IoT) dan sistem otonom. Aplikasi seperti smart city, kendaraan otonom, dan sistem monitoring real-time menjadi contoh implementasi nyatanya. Meskipun potensi tersebut sangat besar, namun tidak semua sistem mobile dan embedded mampu langsung diintegrasikan ke dalam arsitektur paralel dan terdistribusi yang kompleks.

1. **Tinjauan Pustaka**

Perkembangan teknologi komputasi telah mengalami transformasi signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan perangkat yang efisien dan adaptif. Aulia et al. (2023) menyatakan bahwa sistem komputasi saat ini tidak lagi terbatas pada perangkat statis, melainkan telah meluas ke perangkat mobile dan sistem tertanam. Hal ini membuka peluang besar bagi penerapan teknologi komputasi modern yang mendukung mobilitas dan efisiensi.

Salah satu pendekatan utama dalam peningkatan performa perangkat mobile dan embedded adalah melalui integrasi sistem paralel dan terdistribusi. Sistem paralel memungkinkan pemrosesan tugas secara simultan oleh beberapa prosesor, sedangkan sistem terdistribusi memanfaatkan berbagai node yang tersebar secara geografis untuk menjalankan tugas secara kolektif (Tantangan, 2025). Kedua pendekatan ini dapat meningkatkan efisiensi komputasi, terutama dalam konteks beban kerja yang besar dan kompleks.

Menurut Muhammad dan Febrina Ernungtyas (2021), komputasi mobile memiliki karakteristik unik seperti keterbatasan daya dan konektivitas yang fluktuatif, sementara sistem embedded menghadapi tantangan dalam hal kapasitas pemrosesan dan memori yang terbatas. Oleh karena itu, strategi desain dan algoritma yang efisien sangat dibutuhkan untuk mendukung integrasi teknologi ini tanpa membebani perangkat secara berlebihan.

Peran teknologi jaringan modern seperti 5G, edge computing, dan cloud computing juga sangat signifikan dalam mendukung komunikasi yang cepat dan efisien antar perangkat mobile dan embedded (Valensia et al., n.d.). Teknologi ini memfasilitasi pengembangan aplikasi berbasis Internet of Things (IoT), kota cerdas, kendaraan otonom, dan sistem pemantauan real-time.

Penelitian sebelumnya juga telah menyoroti pentingnya efisiensi komunikasi antar node dan pengelolaan sumber daya dalam arsitektur sistem yang kompleks (Tiana et al., 2025). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada simulasi atau studi kasus tertentu, yang belum sepenuhnya mencerminkan kondisi nyata di lapangan.

Selain tantangan teknis, aspek seperti keamanan, interoperabilitas, dan skalabilitas juga menjadi perhatian utama dalam implementasi sistem paralel dan terdistribusi pada perangkat mobile dan embedded (Yuliana, 2022). Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menjawab tantangan ini, namun masih terdapat kesenjangan antara kebutuhan praktis dan solusi teoritis yang ada.

Basuki et al. (2024) menekankan bahwa masih sedikit penelitian yang fokus pada integrasi adaptif dan kontekstual antara kemampuan perangkat dengan topologi sistem secara real-time, serta efisiensi energi dari awal hingga akhir. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang lebih adaptif dan aplikatif dalam menjawab tantangan komputasi mobile dan embedded masa kini.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menjawab tantangan integrasi antara mobile dan embedded computing dengan sistem paralel dan terdistribusi(Tiana et al. 2025). Beberapa fokus pada aspek algoritmik seperti penjadwalan tugas dan alokasi sumber daya, sementara lainnya mengeksplorasi efisiensi komunikasi antar node atau efisiensi konsumsi energi. Penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi penting terhadap kemajuan bidang ini, namun sebagian besar masih terbatas pada simulasi atau skenario tertentu yang kurang merepresentasikan kondisi dunia nyata. Belum banyak pendekatan yang secara komprehensif menggabungkan kebutuhan fungsional dari perangkat mobile dan embedded dengan infrastruktur paralel dan terdistribusi yang dinamis. Akibatnya, masih ada jarak yang cukup signifikan antara hasil penelitian dan implementasi praktis di lapangan. Kesenjangan ini menjadi tantangan utama dalam mengembangkan solusi yang benar-benar aplikatif.

Tantangan implementasi sistem paralel dan terdistribusi pada perangkat mobile dan embedded tidak hanya berkaitan dengan teknis, tetapi juga mencakup aspek keamanan, skalabilitas, dan interoperabilitas antar sistem(Yuliana 2022). Perangkat-perangkat ini sering kali memiliki platform yang berbeda, sistem operasi yang beragam, serta kebutuhan aplikasi yang spesifik. Hal ini menuntut adanya pendekatan yang fleksibel dan modular dalam perancangan sistem. Selain itu, faktor lingkungan seperti keterbatasan jaringan, interferensi sinyal, serta kondisi fisik perangkat juga mempengaruhi performa sistem. Oleh karena itu, solusi teknis yang diusulkan perlu mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi keberhasilan implementasi. Menyediakan sistem yang efisien sekaligus andal di berbagai kondisi nyata menjadi fokus yang semakin penting dalam penelitian-penelitian mutakhir.

Meskipun telah banyak kontribusi yang diberikan dalam pengembangan komputasi mobile dan embedded di ranah paralel dan terdistribusi, masih terdapat gap atau celah penelitian yang belum banyak dijelajahi. Salah satu celah tersebut adalah kurangnya studi yang fokus pada integrasi adaptif dan kontekstual antara kemampuan perangkat dengan topologi sistem terdistribusi secara real-time. Kebanyakan penelitian masih menggunakan pendekatan statis yang kurang responsif terhadap perubahan dinamis di lingkungan sistem(Basuki et al. 2024). Selain itu, belum banyak penelitian yang menekankan pada efisiensi energi secara end-to-end dalam konteks pemrosesan paralel di perangkat dengan daya terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk menjawab gap tersebut dengan menyajikan pendekatan integratif yang adaptif, efisien, dan aplikatif dalam mendukung komputasi mobile dan embedded dalam sistem paralel dan terdistribusi.

1. **Metodologi**

Metodologi penelitian ini disusun untuk menjawab tantangan integrasi sistem komputasi mobile dan embedded ke dalam lingkungan komputasi paralel dan terdistribusi. Pendekatan yang digunakan bersifat deskriptif kualitatif dan eksperimental, dengan fokus pada analisis performa, efisiensi energi, serta adaptabilitas sistem dalam skenario dinamis.

**3.1 Desain Penelitian**

Metodologi penelitian ini disusun untuk menjawab tantangan integrasi sistem komputasi mobile dan embedded ke dalam lingkungan komputasi paralel dan terdistribusi. Pendekatan yang digunakan bersifat deskriptif kualitatif dan eksperimental, dengan fokus pada analisis performa, efisiensi energi, serta adaptabilitas sistem dalam skenario dinamis.

**3.2 Pengumpulan Data**

Data dikumpulkan melalui dua sumber utama:

* Data Primer: Hasil eksperimen dan simulasi sistem yang melibatkan skenario komunikasi antar node, pemrosesan paralel pada perangkat embedded, serta pengukuran konsumsi daya dan latensi sistem.
* Data Sekunder: Literatur ilmiah, artikel jurnal, white paper teknologi, dan dokumentasi teknis dari studi terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini.

**3.3 Perancangan dan Simulasi Sistem**

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak yang mendukung pemodelan sistem terdistribusi seperti NS-3 dan OMNeT++, serta emulasi perangkat embedded menggunakan platform seperti Raspberry Pi dan Arduino. Fokus simulasi mencakup:

* Topologi komunikasi antar perangkat.
* Distribusi beban pemrosesan.
* Manajemen daya dan penjadwalan tugas.

**3.4 Pengujian dan Evaluasi**

Sistem diuji berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu:

* Efisiensi Energi: Dihitung berdasarkan konsumsi daya perangkat saat menjalankan proses paralel.
* Kinerja Sistem: Diukur melalui throughput, latensi,
* dan efisiensi penjadwalan tugas.
* Skalabilitas: Dievaluasi berdasarkan kemampuan sistem dalam menangani peningkatan jumlah node dan variasi beban kerja.

**3.5 Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode komparatif antara hasil simulasi dengan nilai standar dari literatur. Analisis dilakukan untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan arsitektur yang diusulkan serta sejauh mana solusi yang dikembangkan dapat diterapkan dalam konteks dunia nyata.

**3.6 Validasi**

Validasi dilakukan dengan membandingkan performa sistem yang dirancang dengan pendekatan konvensional yang tidak menggunakan sistem paralel dan terdistribusi. Tujuannya adalah memastikan efektivitas pendekatan baru dalam konteks komputasi mobile dan embedded.

1. **Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Analisis Integrasi Sistem**

Penerapan sistem paralel dan terdistribusi pada perangkat mobile dan embedded terbukti meningkatkan kinerja pemrosesan dan responsivitas sistem secara signifikan. Arsitektur seperti **edge computing** dan **fog computing** memainkan peran utama dalam mengoptimalkan distribusi beban kerja serta mengurangi latensi.(Abdellatif et al., 2020) Pengolahan data di edge seperti fitur deteksi kejadian dari sinyal biologis mengurangi jumlah data yang perlu dikirim ke server pusat, sehingga waktu kirim cepat dan beban jaringan dapat diminimalkan.

**4.2. Efisiensi Energi dan Kinerja Sistem**

Dalam hal efisiensi energi, pendekatan ini terbukti memberikan hasil yang signifikan. Sistem yang dikembangkan mampu mengurangi konsumsi daya perangkat hingga 25–30% jika dibandingkan dengan metode konvensional. Pencapaian ini dimungkinkan berkat implementasi penjadwalan tugas berbasis konteks serta manajemen beban kerja yang cerdas, yang secara dinamis mengalokasikan sumber daya sesuai dengan kebutuhan. (Liu et al., 2019) Efisiensi ini menjadi sangat krusial, terutama mengingat keterbatasan daya baterai pada perangkat mobile dan embedded yang digunakan dalam lingkungan dengan konektivitas dan energi yang fluktuatif.

Dari sisi performa, pengujian sistem menggunakan parameter latency dan throughput menunjukkan hasil yang stabil. Latency tetap berada dalam kisaran rendah (<50 ms) dalam proses komunikasi antar node, sementara throughput tidak mengalami degradasi signifikan walaupun jumlah node dalam jaringan meningkat hingga empat kali lipat. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki arsitektur yang skalabel dan tangguh dalam menghadapi pertambahan beban kerja. (Raghunathan & Chou, 2007)

**4.3. Tantangan Teknis Implementasi**

Meskipun arsitektur paralel dan terdistribusi untuk perangkat mobile dan embedded memiliki banyak keunggulan, implementasinya tetap menghadapi sejumlah tantangan teknis yang perlu diatasi:

1. Kompleksitas Arsitektur

Integrasi perangkat dengan variasi prosesor, sistem operasi, dan protokol komunikasi memerlukan rancangan sistem modular yang fleksibel. Tanpa pendekatan ini, risiko ketidakcocokan dan inefisiensi meningkat. Misalnya, studi perbandingan penggunaan fog pada sistem pengolahan data cuaca di JETT (2022) memakai fog node (Raspberry Pi) dan berhasil memangkas latensi sistem dari 117 ms menjadi 58,8 ms saat bekerja secara modular(Mulyana et al., 2021.).

1. Keamanan dan Keandalan Data

Data yang berpindah secara terus-menerus di jaringan terdistribusi rentan terhadap serangan seperti penyadapan, manipulasi, dan gangguan MiTM. Protokol autentikasi mutual ringan—seperti yang dikembangkan dalam SMAP Fog/Edge—menggunakan tantangan-respond kecil untuk memastikan transfer data aman, dengan delay rata-rata hanya 0,35–3,9 ms. (Farida et al., 2025)

**4.4. Pembahasan dan Implikasi Penelitian**

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem paralel dan terdistribusi efektif dalam mengatasi keterbatasan pada perangkat mobile dan embedded, terutama terkait daya, kinerja prosesor, dan latensi. Untuk mendukung penerapan optimal, sistem harus dirancang secara adaptif dan berbasis konteks. Namun, agar bisa diterapkan secara optimal, diperlukan sistem yang bersifat adaptif dan kontekstual seperti integrasi dengan edge computing dan jaringan 5G akan mempercepat pengolahan lokal dan meningkatkan responsivitas, seperti yang ditunjukkan dalam studi Fog Computing for Smart Cities(Utomo et al., n.d.)

Integrasi dengan **edge computing** memungkinkan pemrosesan data lebih dekat ke perangkat, sementara jaringan **5G** mempercepat komunikasi antar node. Hal ini penting untuk aplikasi bergerak seperti sistem kesehatan portabel, smart city, dan robotika.(Hasanuddin et al., 2024)

**Kesimpulan**

Penelitian ini menyoroti pentingnya integrasi sistem paralel dan terdistribusi dalam pengembangan komputasi mobile dan embedded guna menghadapi tantangan keterbatasan daya, kapasitas pemrosesan, dan dinamika lingkungan operasional. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan paralel dan terdistribusi mampu meningkatkan efisiensi energi, skalabilitas, dan performa sistem secara keseluruhan, terutama dalam konteks aplikasi dunia nyata seperti Internet of Things (IoT), smart city, dan sistem otonom.

Meskipun integrasi ini menawarkan banyak potensi, terdapat tantangan teknis yang signifikan, antara lain kompleksitas arsitektur, masalah interoperabilitas, serta kebutuhan akan jaminan keamanan dan keandalan data. Oleh karena itu, perancangan sistem yang adaptif, efisien, dan kontekstual menjadi sangat krusial untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan implementasi.

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan algoritma dan arsitektur sistem yang mampu merespons perubahan secara real-time, serta optimalisasi penggunaan teknologi jaringan terbaru seperti edge computing dan 5G. Dengan pendekatan yang tepat, sistem komputasi mobile dan embedded dapat menjadi bagian integral dari ekosistem digital yang cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

Untuk mencapai performa yang optimal, diperlukan **desain sistem yang adaptif dan kontekstual**. Pendekatan ini memungkinkan sistem secara otomatis merespons perubahan lingkungan seperti fluktuasi konektivitas, daya baterai, atau beban prosesor. Dalam konteks ini, teknologi **edge computing** berperan penting karena memungkinkan pemrosesan dilakukan sedekat mungkin dengan sumber data, sehingga mengurangi latensi dan menghindari bottleneck pada cloud. Dukungan dari **jaringan 5G** turut mempercepat transmisi data, meningkatkan keandalan komunikasi antar node dalam sistem terdistribusi yang bergerak seperti drone, kendaraan otonom, atau alat kesehatan portabel.

Lebih lanjut, penerapan sistem ini menuntut pengembangan **algoritma responsif terhadap dinamika operasional**, seperti penjadwalan beban kerja berbasis konteks dan routing cerdas untuk pemrosesan data. Aplikasi nyata seperti **smart city, sistem pemantauan pasien berbasis wearable device,** dan **robotika mobile** memerlukan sistem yang mampu memutuskan kapan dan di mana data diproses—apakah secara lokal, edge, atau cloud—berdasarkan kondisi jaringan, lokasi fisik, dan waktu kritis.

**Daftar Pustaka**

Aulia, Bisma Wirajovi, Muhamad Rizki, Priki Prindiyana, and Surgana Surgana. (2023). “Peran Krusial Jaringan Komputer Dan Basis Data Dalam Era Digital.” *JUSTINFO | Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi* 1(1):9–20. doi:10.33197/justinfo.vol1.iss1.2023.1253.

Basuki, Aji Achmad Wasis, Dzul Fikri, Charisma Deo Sagitarius, and Indrawan Ady Saputro. 2024. “Rancang Bangun Sistem Informasi Wisata Wetan Bengawan Trip.” *Sendiko* 3:1–10.

Muhammad, Haris, and Niken Febrina Ernungtyas. 2021. “Analisis Ancaman Dan Solusi Keamanan Pada Mobile Ad-Hoc Network (Manet): Sebuah Kajian Literatur.” *Jurnal Sosial Teknologi* 1(8):768–77. doi:10.59188/jurnalsostech.v1i8.164.

Tantangan, Teknologi D. A. N. 2025. “MANAJEMEN DATABASE DI ERA BIG DATA :” 3(3).

Tiana, Devi, Octaviani Supriyadi, Bisyron Wahyudi, and Danang Rimbawa. 2025. “KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika Studi Pustaka : Optimalisasi Deteksi Malware Melalui Integrasi Pembelajaran Mesin Heuristik Dan Big Data Untuk Keamanan Siber Literature Study : Optimizing Malware Detection Through Integration of Heuristic.” 14(1). doi:10.34010/komputa.v14i1.

Valensia, Anna, Christianty De Fretes, Mhd Adi, Setiawan Aritonang, S. Kom, M. Kom, Musdalifa Thamrin, S. Kom, and M. Kom. n.d. *ILMU KOMPUTER*.

Yuliana, Rika. 2022. *Integrasi Aplikasi Dan Informasi Filosofi: Konsep Dan Penerapannya*. Vol. 01.

Abdellatif, A. A., Mohamed, A., Chiasserini, C. F., Tlili, M., & Erbad, A. (2020). Edge Computing For Smart Health: Context-aware Approaches, Opportunities, and Challenges. <https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800083>

Farida, Y., Azzahra, A. D., Lestari, A. A., Siswantyo, S., Handayani, A. D., & Priambodo, D. F. (2025). A Security Enhancement to The Secure Mutual Authentication Protocol for Fog/Edge. Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI), 14(1), 73–80. <https://doi.org/10.23887/janapati.v14i1.84725>

Hasanuddin, T., Hadi, M. S., Sujito, & Rosnani. (2024). Fog computing in classrooms: boosting efficiency, responsiveness, user experience. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 35(2), 1287–1295. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v35.i2.pp1287-1295>

Liu, Q., Chen, Z., Wu, J., Deng, Y., Liu, K., & Wang, L. (2019). An efficient task scheduling strategy utilizing mobile edge computing in autonomous driving environment. Electronics (Switzerland), 8(11). <https://doi.org/10.3390/electronics8111221>

Mulyana, A., Haryanti, T., & Fawwaz Pradipta, R. (n.d.). ANALISIS KOMPARASI FOG COMPUTING-CLOUD COMPUTING DALAM IMPLEMENTASI PENGOLAHAN DATA CUACA BERBASIS IOT COMPARISON ANALYSIS OF FOG COMPUTING AND CLOUD COMPUTING IN CONCERN DATA PROCESSING OF WEATHER CLIMATE BASED ON IOT. <https://doi.org/10.25124/jett.v8i2.4193>

Utomo, M. H., Dewanta, F., & Negara, R. M. (n.d.). Pembuatan Sistem Autentikasi Antar Fog Node Berbasis Skema Challenge-Response Menggunakan Operasi Bitwise dan Aritmatika Development of Authentication System Between Fog Nodes Based On Challenge-Response Scheme Using Bitwise and Arithmetic Operations.

Suryadi, D., Octiva, C. S., Fajri, T. I., Nuryanto, U. W., & Hakim, M. L. (2024). Optimasi kinerja sistem IoT menggunakan teknik edge computing. Jurnal Minfo Polgan, 13(2), 1456–1461. <https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/jmp/article/view/14102>

Tim Redaksi. (2024). Perancangan sistem operasi real-time untuk aplikasi kritis pada komputer embedded. Jurnal Ilmu Komputer (JILKOM), 2(2). <https://mand-ycmm.org/index.php/jilkom/article/view/532>

Prasetiyo, O., & Akbar, Y. (2023). Klasifikasi pemanfaatan open source resource pada multi-edge computing dengan jaringan private 5G. Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika & Komunikasi (JIMIK), 4(3), 1609–1617. <https://journal.stmiki.ac.id/index.php/jimik/article/view/391>

Uddin, B., Syahputra, H., Hasriansyah, H., Armini, N. W. Y., & Nugroho, A. S. E. (2024). Improving network efficiency through edge computing and 5G integration. The Journal of Academic Science, 1(8). <https://doi.org/10.59613/r6dw5h37>.