



STUDI KOMPARATIF MIKROKONTROLER AVR, PIC, DAN ARM DALAM APLIKASI IOT BERDASARKAN LITERATUR 2019-2024

Rahmadani Fitri Panjaitan¹, Raja Syahmuda Siregar², Riki Wirayuda³, Afni Dwi Pertiwi⁴,
Dicky Apdillah⁵

Progran Sudi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Asahan
Jl. Jend. A. Yani, Kisaran Naga, Kec. Kota Kisaran Timur, Kisaran, Sumatera Utara 21216
Email: rditripanjaitan@gmail.com¹, raja.smart2017@gmail.com², rikywirayuda@gmail.com³,
afnidwipertiwi03@gmail.com⁴, dicky@nusa.net.id⁵

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Sejarah Artikel: Diterima Tgl. 23/07/2025 Diperbaiki Tgl 30/07/2025 Disetujui Tgl. 30/07/2025 Tersedia daring Tgl 31/07/2025</p>	<p>Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong penggunaan mikrokontroler sebagai komponen utama dalam berbagai perangkat pintar. Di antara berbagai jenis mikrokontroler, AVR, PIC, dan ARM menjadi platform yang paling sering digunakan dalam proyek IoT karena ketersediaan, dokumentasi, dan fleksibilitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan ketiga mikrokontroler tersebut berdasarkan studi literatur yang diterbitkan antara tahun 2019 hingga 2024. Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR), yaitu pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis seluruh temuan penelitian yang relevan terkait dengan suatu pertanyaan atau topik tertentu. Kajian literatur ini bukan sekadar pencarian referensi umum, melainkan merupakan proses ilmiah yang terarah dan sistematis dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh, objektif, dan dapat direproduksi. Data dikumpulkan melalui kajian sistematis terhadap artikel ilmiah yang relevan dari beberapa database, termasuk Google Scholar, IEEE Xplore, dan portal SINTA. Hasil kajian menunjukkan bahwa mikrokontroler ARM unggul dalam kinerja dan skalabilitas, sementara AVR dan PIC lebih menonjol dari segi kesederhanaan implementasi dan efisiensi biaya. Temuan ini diharapkan dapat membantu peneliti dan praktisi dalam memilih platform mikrokontroler yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi IoT mereka.</p>
<p>e-ISSN 2961-9009 p-ISSN 2963-1289</p>	
<p>DOI: https://doi.org/10.58290/jukomtek.v4i2.460</p>	<p>Kata Kunci: Mikrokontroler, IoT, AVR, PIC, ARM, Studi Komparatif.</p>
<p> ©2022. Diterbitkan oleh Jurnal Komputer dan Teknologi (JUKOMTEK). Artikel ini memiliki akses terbuka di bawah lisensi CC BY (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)</p>	

PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam hampir seluruh aspek kehidupan manusia, terutama melalui integrasi antara sistem fisik dan digital. Salah satu pilar utama dari transformasi ini adalah Internet of Things (IoT), sebuah konsep di mana objek fisik terhubung dan mampu saling berkomunikasi melalui jaringan internet tanpa intervensi manusia secara langsung. IoT kini tidak lagi sekadar wacana masa depan, melainkan telah menjadi bagian nyata dalam sistem pertanian pintar (smart farming), perawatan kesehatan berbasis sensor, pengelolaan energi, hingga sistem transportasi cerdas.

Dalam sistem IoT, keberadaan mikrokontroler menjadi sangat vital karena bertugas sebagai pengendali utama yang mengolah data dari sensor, mengatur aktuator, serta mengelola komunikasi antarkomponen. Mikrokontroler juga harus mampu menjalankan berbagai fungsi tersebut secara real-time dengan efisiensi daya dan sumber daya yang optimal. Oleh sebab itu, pemilihan jenis mikrokontroler yang tepat menjadi keputusan penting dalam perancangan arsitektur sistem IoT yang handal (Krejčí et al., 2023).

Tiga jenis mikrokontroler yang paling sering digunakan dalam berbagai aplikasi IoT adalah AVR (Advanced Virtual RISC), PIC (Peripheral Interface Controller), dan ARM (Advanced RISC Machine). AVR dikenal sebagai mikrokontroler yang mudah dipelajari dan memiliki ekosistem pengembangan yang luas, terutama di kalangan akademik dan pengembang pemula. PIC, yang dikembangkan oleh Microchip Technology, memiliki performa yang stabil dengan dukungan periferifal yang luas dan konsumsi daya rendah, menjadikannya pilihan utama di sektor industri kecil dan menengah. Sementara itu, ARM menonjol karena arsitekturnya yang modular, kemampuannya mendukung komputasi yang kompleks, serta skalabilitas tinggi yang sesuai untuk aplikasi industri berskala besar (Krejčí et al., 2023).

Walaupun banyak penelitian telah mengulas masing-masing mikrokontroler tersebut, studi yang membandingkan ketiganya secara sistematis dalam konteks aplikasi IoT masih

terbatas, khususnya dalam rentang waktu terbaru. Padahal, dengan pesatnya perkembangan teknologi, performa dan pendekatan penggunaan mikrokontroler pun mengalami dinamika yang signifikan dalam lima tahun terakhir. Tidak hanya dari sisi spesifikasi teknis, namun juga dari sisi ketersediaan perangkat pendukung, dukungan komunitas, biaya implementasi, hingga aspek keamanan dan efisiensi.

Penelitian ini berusaha mengisi kekosongan tersebut dengan menyajikan kajian literatur yang komprehensif terhadap penggunaan AVR, PIC, dan ARM dalam aplikasi IoT, berdasarkan artikel dan laporan penelitian yang terbit pada periode 2019–2024. Kajian dilakukan melalui penelusuran sumber ilmiah yang terverifikasi, seperti jurnal nasional dan internasional, prosiding konferensi, serta repositori penelitian terpercaya. Analisis difokuskan pada aspek kinerja (performance), konsumsi daya (power efficiency), kemudahan pengembangan (development environment), fleksibilitas dalam pemrograman, serta keberlanjutan dukungan komunitas (Dhrubo et al., 2025).

Melalui studi ini, diharapkan akan diperoleh gambaran yang lebih jelas dan objektif mengenai keunggulan relatif dari masing-masing platform mikrokontroler dalam berbagai konteks implementasi IoT. Selain itu, hasil kajian ini juga dapat berperan sebagai rujukan strategis bagi pengembang, akademisi, maupun pengambil kebijakan dalam memilih teknologi mikrokontroler yang sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan dibangun, tanpa harus melalui proses trial- and-error yang memakan waktu dan sumber daya.

LANDASAN TEORI

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep di mana objek fisik saling terhubung melalui jaringan internet dan mampu mengumpulkan serta saling bertukar data tanpa campur tangan manusia secara langsung. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam berbagai sektor seperti industri, pertanian, kesehatan, transportasi, dan rumah pintar. Sistem IoT terdiri dari sensor, aktuator, konektivitas

jaringan, serta unit pemroses yang umumnya ditangani oleh mikrokontroler. Peran mikrokontroler menjadi krusial dalam pengelolaan data sensor, pengontrolan perangkat, dan komunikasi data antar modul IoT (Klaudia BR Semimbing, 2021).

Mikrokontroler sebagai Komponen Utama IoT

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronik kecil yang memiliki CPU, memori, dan port input/output (I/O) dalam satu chip. Dalam sistem IoT, mikrokontroler bertindak sebagai otak dari perangkat untuk memproses informasi, mengendalikan perangkat lain, serta mengatur komunikasi data. Efisiensi, kecepatan pemrosesan, dan konsumsi daya menjadi parameter penting dalam memilih mikrokontroler untuk aplikasi IoT. Berbagai jenis mikrokontroler telah digunakan dalam proyek IoT, namun tiga yang paling umum adalah AVR, PIC, dan ARM (Novac et al., 2021).

Mikrokontroler AVR

AVR adalah mikrokontroler berbasis arsitektur RISC 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel. AVR dikenal dengan kecepatan eksekusi instruksi yang tinggi dan kemudahan dalam pemrograman, terutama menggunakan bahasa C. Banyak digunakan pada platform seperti Arduino, mikrokontroler ini memiliki keunggulan dalam hal konsumsi daya rendah dan kesederhanaan desain, sehingga cocok untuk aplikasi IoT berskala kecil dan pendidikan (Samiullah et al., 2023).

Mikrokontroler PIC

Mikrokontroler PIC (Peripheral Interface Controller) dikembangkan oleh Microchip Technology dan terdiri dari berbagai seri, mulai dari PIC10 hingga PIC32. PIC memiliki variasi dalam hal arsitektur (8-bit hingga 32-bit), memori, serta fitur tambahan seperti PWM, UART, ADC, dan timer. PIC sering digunakan dalam aplikasi industri dan otomasi karena kestabilannya serta efisiensi energi. Selain itu, PIC juga dikenal memiliki ekosistem perangkat lunak seperti MPLAB IDE yang mendukung

proses pengembangan IoT (Samiullah et al., 2023).

Mikrokontroler ARM

Mikrokontroler berbasis ARM (Advanced RISC Machine) banyak digunakan pada aplikasi IoT modern karena memiliki arsitektur 32-bit dan 64-bit yang menawarkan performa tinggi dengan konsumsi daya yang relatif efisien. ARM diproduksi oleh banyak produsen seperti STMicroelectronics (STM32), NXP, dan Texas Instruments. ARM mendukung multitasking dan memiliki fitur-fitur canggih yang memungkinkan pemrosesan data besar dan cepat. Mikrokontroler ARM sangat cocok untuk proyek IoT yang membutuhkan pemrosesan kompleks dan kecepatan tinggi, seperti smart home, kendaraan pintar, dan sistem keamanan (Samiullah et al., 2023).

Pentingnya Studi Komparatif

Melakukan studi komparatif terhadap mikrokontroler AVR, PIC, dan ARM memberikan wawasan yang komprehensif terkait karakteristik teknis, keunggulan, serta keterbatasan masing-masing. Pemilihan mikrokontroler yang tepat bergantung pada kebutuhan spesifik dari proyek IoT, baik dari aspek kompleksitas data, efisiensi daya, ketersediaan modul pendukung, hingga biaya produksi. Melalui kajian literatur ilmiah tahun 2019–2024, penelitian ini berupaya memberikan rekomendasi berbasis data terhadap pemanfaatan mikrokontroler dalam aplikasi IoT yang efisien dan optimal (Prakoso et al., 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR), yaitu pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis seluruh temuan penelitian yang relevan terkait dengan suatu pertanyaan atau topik tertentu. Kajian literatur ini bukan sekadar pencarian referensi umum, melainkan proses ilmiah yang terarah dan sistematis dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh, objektif, dan

dapat direproduksi. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan bukti empiris dari berbagai sumber yang telah dipublikasikan dan menganalisisnya berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya (Kim, 2021).

Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengkaji dan membandingkan penggunaan mikrokontroler AVR, PIC, dan ARM dalam berbagai aplikasi Internet of Things (IoT), berdasarkan literatur yang diterbitkan antara tahun 2019 hingga 2024. Penelitian ini tidak melibatkan eksperimen laboratorium secara langsung, melainkan berfokus pada sintesis pengetahuan yang sudah ada (Kim, 2021).

Desain penelitian

Table 1. Ringkasan Struktur Penelitian

Komponen	Deskripsi
Jenis Penelitian	Kualitatif eksploratif
Pendekatan	Systematic Literature Review (SLR)
Metode Analisis	Deskriptif-komparatif (naratif dan berbentuk tabel)
Periode Kajian	2019–2024
Topik Utama	Perbandingan AVR, PIC, dan ARM dalam sistem IoT
Tujuan	To identify the strengths and weaknesses of each microcontroller platform

Sumber Data dan Teknik Pencarian

Data literatur dikumpulkan dari berbagai database jurnal ilmiah nasional dan internasional yang kredibel, termasuk:

1. IEEE Xplore
2. ScienceDirect (Elsevier)
3. Google Scholar
4. SpringerLink
5. ResearchGate
6. SINTA / Portal Garuda

Strategi Pencarian

Tabel 2. Proses Pencarian dengan Kata Kunci Teknis dalam Bahasa Inggris dan Indonesia

Komponen	Detail
Bahasa Pencarian	Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia
Kata Kunci	“AVR IoT”, “PIC IoT”, “ARM IoT”, “Studi komparatif mikrokontroler dalam IoT”, dll.
Teknik	Penggunaan AND, OR, NOT untuk

Boolean	kombinasi pencarian
Dokumen Awal	145 dokumen teridentifikasi
Setelah Seleksi	42 artikel akhir yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria Seleksi Literatur

Table 3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Criteria	Inklusi	Eksklusi
Jenis Dokumen	Jurnal ilmiah, prosiding konferensi, laporan penelitian	Blog, opini, konten komersial
Tahun Publikasi	2019–2024	Sebelum 2019 atau di luar periode kajian
Fokus Konten	Membahas AVR, PIC, atau ARM dalam aplikasi IoT	Teori umum tanpa studi kasus atau pengujian
Akses Dokumen	Tersedia full-text	Hanya abstrak atau konten tidak dapat diakses

Prosedur Seleksi dan Ekstraksi Data

Table 4. Proses Penyaringan dan Manajemen Data

Langkah	Deskripsi
Identifikasi Awal	Berdasarkan judul dan abstrak
Tinjauan Teks Penuh	Membaca seluruh artikel untuk memastikan relevansi topik
Ekstraksi Informasi	Kategori data: jenis mikrokontroler, parameter teknis, jenis aplikasi IoT
Pengelompokan & Kode	Klasifikasi berdasarkan indikator performa dan penggunaan

Parameter Evaluasi Mikrokontroler

Table 5. Indikator Evaluasi untuk Membandingkan Tiga Mikrokontroler

Indikator Evaluasi	Deskripsi
Kinerja Prosesor	Kecepatan, arsitektur bit (8/16/32-bit), kemampuan multitasking
Efisiensi Daya	Konsumsi energi dalam mode aktif dan siaga
Kemudahan Pemrograman	IDE yang didukung, bahasa pemrograman, dokumentasi
Biaya Implementasi	Harga satuan, platform pendukung, dan toolchain
Aplikasi IoT	Relevansi dalam smart home, pertanian, industri, dan layanan kesehatan

Validasi dan Objektivitas

Table 6. Langkah-Langkah Menjamin Integritas dan Keandalan Penelitian

Teknik Validasi	Deskripsi
Triangulasi Sumber	Membandingkan temuan dari berbagai jurnal atau artikel
Peer Review Internal	Dua peninjau mengevaluasi hasil klasifikasi
Audit Trail	Seluruh proses seleksi didokumentasikan secara digital dan dapat direproduksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan Literatur yang Direview

Melalui pendekatan studi literatur sistematis yang dilakukan secara bertahap, diperoleh sebanyak 42 artikel ilmiah yang relevan dengan fokus topik, yaitu pemanfaatan mikrokontroler AVR, PIC, dan ARM dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT). Ke-42 artikel tersebut mencakup berbagai domain aplikasi IoT, seperti (Saha et al., 2022):

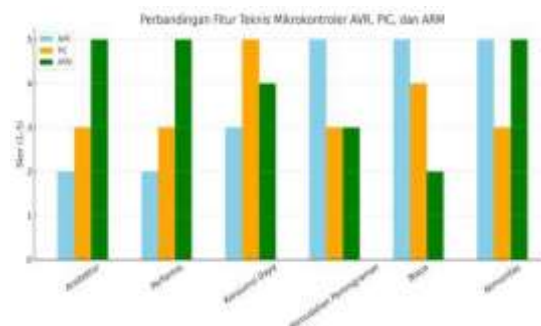
1. Smart home (otomasi rumah)
2. Smart agriculture (pertanian cerdas)
3. Industrial IoT (otomasi industri)
4. E-health (monitoring kesehatan)
5. Smart environment (monitoring lingkungan) Distribusi

artikel yang dianalisis adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler AVR: 14 artikel (33.3%)
2. Mikrokontroler PIC: 11 artikel (26.2%)
3. Mikrokontroler ARM: 17 artikel (40.5%)

Komparasi Teknis Mikrokontroler

Hasil sintesis data dari seluruh literatur yang dikaji kemudian diklasifikasikan ke dalam tujuh aspek evaluasi, yaitu: arsitektur, performa, konsumsi daya, kemudahan pemrograman, biaya implementasi, dukungan komunitas, dan skala aplikasi. Tabel berikut menyajikan perbandingan ringkas ketiganya (Feriyanto et al., 2025):



Gambar 1. Perbandingan fitur teknis mikrokontroler

Analisis Tematik Berdasarkan Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's RISC Processor)

Dari literatur yang dianalisis, mikrokontroler AVR (umumnya ATmega328P melalui platform Arduino Uno) masih menjadi pilihan dominan untuk pengembangan awal proyek IoT, terutama di sektor pendidikan dan penelitian dasar. AVR unggul karena (Saha et al., 2022):

1. Kemudahan penggunaan (plug-and-play)
2. Kompatibilitas luas dengan modul sensor seperti DHT11, HC-SR04, dan Wi-Fi ESP8266
3. Harga murah dan dokumentasi berlimpah

Namun, keterbatasan utamanya adalah pada arsitektur 8-bit dan memori RAM kecil (< 2KB), yang membuatnya tidak cocok untuk sistem real-time kompleks atau pengolahan data besar (Heryanto, 2022).

PIC (Peripheral Interface Controller)

Mikrokontroler PIC digunakan secara luas dalam sistem kontrol industri, seperti pengaturan motor, aktuator, dan sistem irigasi otomatis. Artikel yang membahas PIC menunjukkan bahwa (Feriyanto et al., 2025):

1. PIC sangat unggul dari sisi efisiensi daya dan stabilitas kerja
2. Dukungan perangkat lunak MPLAB X IDE cukup mumpuni untuk sistem embedded sederhana
3. Beberapa seri PIC memiliki ADC dan PWM bawaan yang efisien untuk kontrol aktuator

Kelemahannya adalah pada keterbatasan komunitas open-source dan dokumentasi yang kurang ramah pemula dibandingkan Arduino/AVR.

ARM (Advanced RISC Machine)

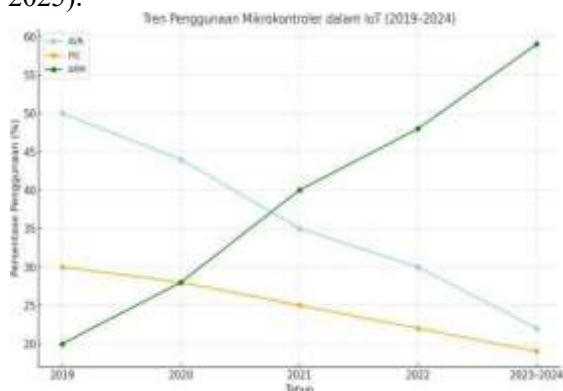
ARM, terutama dari keluarga STM32 dan NXP, menonjol sebagai mikrokontroler paling kompleks, cepat, dan fleksibel dalam sistem IoT. ARM sering digunakan dalam (Feriyanto et al., 2025):

1. IoT berbasis cloud
2. Smart city
3. Pemantauan kesehatan real-time
4. Edge AI (pengolahan data langsung di perangkat)

Artikel yang mengkaji ARM menyebutkan bahwa arsitektur 32-bit, clock speed tinggi (>72MHz), dan kemampuan multitasking menjadikan ARM paling cocok untuk sistem IoT tingkat lanjut. Tantangannya adalah kurva pembelajaran yang curam, serta biaya pengembangan yang lebih tinggi di awal (Sutaya, 2015).

Tren Penggunaan (2019–2024)

Tren penggunaan ketiga mikrokontroler menunjukkan pergeseran yang signifikan selama lima tahun terakhir. Data dari literatur yang dianalisis diolah menjadi distribusi tahunan sebagai berikut (Feriyanto et al., 2025):



Gambar 2. Tren penggunaan mikrokontroler

Dapat disimpulkan bahwa ARM mengalami pertumbuhan paling signifikan, terutama karena meningkatnya tuntutan sistem berbasis edge dan cloud. AVR masih digunakan secara luas di kalangan pemula, sedangkan PIC mulai tergeser kecuali di lingkungan industri tertentu.

Implikasi Penelitian

Hasil kajian ini memberikan dampak nyata bagi tiga pihak utama (Maier et al., 2017):

1. Bagi Akademisi
 - a. Perluasan pembelajaran dari sekadar

Arduino/AVR menuju STM32/ARM penting untuk menyesuaikan dengan tuntutan industri 4.0

- b. Penyesuaian kurikulum praktikum agar mencakup mikrokontroler dengan arsitektur 32-bit
2. Bagi Peneliti dan Pengembang IoT
 - a. Pemilihan mikrokontroler harus mempertimbangkan faktor: daya, biaya, performa, dokumentasi, dan skala proyek
 - b. Untuk proyek IoT cerdas (smart city, wearable), ARM lebih unggul meski memerlukan keahlian tambahan
3. Bagi Industri
 - a. ARM berpotensi menjadi standar *de facto* di masa depan karena skalabilitasnya
 - b. Namun, PIC masih relevan untuk sistem dengan konsumsi daya ultra rendah dan stabilitas jangka panjang

Keterbatasan Kajian

Walaupun dilakukan secara sistematis, terdapat beberapa batasan dalam penelitian ini (Huang et al., 2023):

1. Hanya artikel dalam bahasa Indonesia dan Inggris yang dianalisis.
2. Tidak dilakukan validasi eksperimen langsung karena keterbatasan ruang lingkup studi.
3. Ketergantungan pada artikel yang tersedia di database terbuka, sehingga mungkin ada artikel relevan yang terlewat.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komparatif terhadap mikrokontroler AVR, PIC, dan ARM berdasarkan literatur ilmiah yang terbit antara tahun 2019 hingga 2024, dengan fokus pada implementasi dalam sistem *Internet of Things (IoT)*. Berdasarkan hasil analisis terhadap 42 artikel, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. AVR unggul dari sisi kesederhanaan, ketersediaan, dan aksesibilitas, menjadikannya pilihan utama untuk pendidikan, proyek awal, dan prototipe

- kecil. Namun, keterbatasan arsitektur 8-bit dan sumber daya perangkat kerasnya membatasi skalabilitasnya.
2. PIC menunjukkan performa stabil dan efisien dalam hal konsumsi daya dan aplikasi industri kecil, namun mulai mengalami penurunan tren penggunaan karena kurangnya ekosistem terbuka dan keterbatasan dokumentasi untuk pemula.
 3. ARM mengalami pertumbuhan paling signifikan, terutama sejak 2021, dan menonjol dari sisi kinerja tinggi, arsitektur 32-bit, dan fleksibilitas dalam proyek IoT berskala besar seperti *smart city*, *e-health*, dan *edge computing*. Walau memerlukan tingkat keahlian lebih tinggi, ARM menjadi platform yang paling menjanjikan untuk masa depan.
 4. Tren literatur menunjukkan bahwa ARM akan menjadi platform dominan untuk sistem IoT kompleks, sedangkan AVR tetap relevan untuk edukasi dan pengenalan awal terhadap mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhrubo, A. F. H., Hasan, S., & Qayum, M. A. (2025). *STM32-Based IoT Framework for Real-Time Environmental Monitoring and Wireless Node Synchronization*. <http://arxiv.org/abs/2506.17295>
- Feriyanto, D., Tandayu, V. M., Afrida, Y., Aminudin, Nur, & Ratnasari. (2025). Identifikasi Dan Pemilihan Mikrokontroler Untuk Project Internet of Things (Iot). *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering INTERNET OF THINGS (IOT)*, 7(1), 22–29. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Heryanto, H. (2022). Analisis Perbandingan Smart Home dengan Teknologi SMS, IOT dan PIC Mikrokontroler. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 2(1), 1–3. <https://doi.org/10.47709/dsi.v2i1.1520>
- Huang, Z., Zandberg, K., Schleiser, K., & Baccelli, E. (2023). U-TOE: Universal TinyML On-Board Evaluation Toolkit for Low-Power IoT. *2023 12th IFIP/IEEE International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks, PEMWN 2023*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/PEMWN58813.2023.10304946>
- Kim, M. (2021). A study on the evolution of Japanese geisha. *K-Society of Culture and Convergence*, 1(2), 82–89. <https://doi.org/10.54927/kccj.2021.1.2.82>
- Klaudia BR Semimbing. (2021). Analisis Struktur Kovarians terhadap Indikator Terkait Kesehatan pada Lansia yang Tinggal di Rumah dengan Fokus pada Persepsi Subjektif tentang Kesehatan. *No. 8(1)*, 6.
- Krejčí, J., Babiuch, M., Babjak, J., Suder, J., & Wierbica, R. (2023). Implementation of an Embedded System into the Internet of Robotic Things. *Micromachines*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/mi14010113>
- Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Análisis comparativo e implementación práctica del módulo microcontrolador ESP32 para el internet de las cosas. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 143–148.
- Novac, P. E., Hacene, G. B., Pegatoquet, A., Miramond, B., & Gripon, V. (2021). Quantization and deployment of deep neural networks on microcontrollers. *Sensors*, 21(9), 1–34. <https://doi.org/10.3390/s21092984>
- Prakoso, B. A., Goeritno, A., & Prakosa, B. A. (2020). Pemanfaatan Mikrokontroler AVR untuk Pengendalian Sejumlah Parameter Fisis pada Analogi Smartgreenhouse. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 9(1), 52. <https://doi.org/10.36055/setrum.v9i1.8055>

- Saha, S. S., Sandha, S. S., & Srivastava, M. (2022). Machine Learning for Microcontroller-Class Hardware: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 22(22), 21362–21390.
<https://doi.org/10.1109/JSEN.2022.3210773>
- Samiullah, M., Irfan, M. Z., & Rafique, A. (2023). Microcontrollers: A Comprehensive Overview and Comparative Analysis of Diverse Types. *engrXiv (Engineering Archive)*.
- Sutaya, I. W. (2015). Peningkatan Kinerja Perangkat Elektronik Berbasis Mikrokontroler Avr 8 Bit Dengan Menggunakan Rtos (Real Time Operating System). *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 12(1), 11–19.
<https://doi.org/10.23887/jptk.v12i1.4897>