



KOMTELKA: Jurnal Komputer Telekomunikasi
dan Elektronika, Volume 01 Nomor 1 Tahun 2026
Tersedia online di
<https://jurnal.rajawalicemerlangabadi.com/index.php/jpek>



Perancangan Arsitektur Sistem Otonom Berbasis AI untuk Pengambilan Keputusan Real-Time

Erwin Effendy¹, Ayu Prima Siska², Anugrah Catona Subegti³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Pranata Indonesia

email: ^{1*} erwineffendy.stmikpi@gmail.com

Kata kunci:

Artificial Intelligence
Sistem Otonom
Pengambilan Keputusan Real-Time
Edge AI
Arsitektur Sistem

Keywords:

Artificial Intelligence
Autonomous System
Real-Time Decision Making
Edge AI
System Architecture

ABSTRAK

Perkembangan sistem otonom berbasis Artificial Intelligence (AI) menuntut kemampuan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat untuk mendukung operasi secara real-time pada berbagai aplikasi, seperti robotika, kendaraan cerdas, dan Internet of Things (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk merancang arsitektur sistem otonom berbasis AI yang mampu mendukung proses pengambilan keputusan secara real-time melalui integrasi sensor, modul pemrosesan data, model AI, modul pengambilan keputusan, dan aktuator. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan perancangan sistem yang berfokus pada analisis kebutuhan, perancangan arsitektur, implementasi, dan evaluasi fungsional. Solusi yang diusulkan berupa arsitektur modular yang memungkinkan proses akuisisi data, inferensi AI, dan eksekusi keputusan dilakukan secara terintegrasi dalam satu kerangka sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur yang dirancang mampu mendukung alur pengambilan keputusan secara sistematis dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi seluruh tahapan pengambilan keputusan real-time ke dalam arsitektur yang terstruktur dan fleksibel sehingga dapat diterapkan pada berbagai jenis sistem otonom. Dengan demikian, arsitektur yang diusulkan berpotensi menjadi referensi dalam pengembangan sistem otonom berbasis AI yang responsif, adaptif, dan mudah dikembangkan sesuai kebutuhan aplikasi.

ABSTRACT

The development of Artificial Intelligence (AI)-based autonomous systems requires fast and accurate decision-making capabilities to support real-time operations in various applications, including robotics, intelligent vehicles, and the Internet of Things (IoT). This study aims to design an AI-based autonomous system architecture capable of supporting real-time decision-making through the integration of sensors, data processing modules, AI models, decision-making modules, and actuators. The research employs a Research and Development (R&D) approach focusing on system requirement analysis, architecture design, implementation, and functional evaluation. The proposed solution is a modular architecture that enables data acquisition, AI inference, and decision execution to operate within an integrated framework. The results indicate that the designed architecture supports a systematic and adaptive decision-making process in response to environmental changes. The novelty of this study lies in the integration of all real-time decision-making stages into a structured and flexible architecture that can be applied to various autonomous system applications. Therefore, the proposed architecture has the potential to serve as a reference for the development of responsive, adaptive, and scalable AI-based autonomous systems.

PENDAHULUAN

Perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah membawa perubahan signifikan dalam pengembangan sistem otonom yang mampu beroperasi secara mandiri tanpa intervensi manusia secara langsung. Sistem otonom memanfaatkan kombinasi teknologi sensor, komputasi, komunikasi, dan algoritma AI untuk melakukan persepsi lingkungan, analisis situasi, serta pengambilan keputusan secara otomatis. Penerapan teknologi ini telah berkembang pada berbagai bidang seperti robotika industri, kendaraan otonom, sistem pengawasan cerdas, dan *Internet of Things* (IoT) cerdas. Kemampuan sistem dalam mengambil keputusan secara cepat dan akurat menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan operasional pada lingkungan yang dinamis dan kompleks [1].

Pengambilan keputusan secara *real-time* merupakan salah satu tantangan utama dalam sistem otonom modern. Proses ini melibatkan akuisisi data sensor, pemrosesan informasi, inferensi model AI, hingga eksekusi tindakan dalam rentang waktu yang sangat singkat. Keterlambatan pada salah satu tahapan tersebut dapat menurunkan performa sistem bahkan menyebabkan kegagalan operasi pada aplikasi kritis seperti robot industri dan kendaraan otonom [2]. Oleh karena itu, dibutuhkan arsitektur sistem yang mampu mendukung proses pengambilan keputusan dengan latensi rendah serta tingkat keandalan yang tinggi.

Perkembangan teknologi *edge computing* menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan latensi pada sistem berbasis AI. Berbeda dengan pendekatan *cloud computing* yang memerlukan pengiriman data ke server pusat, *edge computing* memungkinkan proses komputasi dilakukan lebih dekat dengan sumber data sehingga dapat mengurangi waktu respons sistem. Integrasi antara AI dan *edge computing* menghasilkan konsep Edge AI yang memungkinkan inferensi model kecerdasan buatan dijalankan langsung pada perangkat atau node tepi jaringan untuk mendukung pengambilan keputusan secara *real-time* [3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan *Edge AI* pada sistem otonom. Xie dkk. mengkaji pemanfaatan *edge computing* untuk mendukung pengambilan keputusan *real-time* pada kendaraan otonom dan menunjukkan bahwa pendekatan tersebut mampu meningkatkan efisiensi pemrosesan data serta

mengurangi latensi komunikasi [4]. Selain itu, Nayak mengembangkan kerangka *embedded intelligence* berbasis *edge computing* pada robot industri otonom yang mengintegrasikan sensor, modul kecerdasan buatan, dan aktuator dalam satu sistem terdistribusi. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi AI dan *edge computing* pada sistem kendaraan serta UAV mampu meningkatkan kemampuan adaptasi sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan secara dinamis [5].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada implementasi algoritma AI atau optimasi platform komputasi tertentu. Penelitian yang membahas rancangan arsitektur sistem secara menyeluruh mulai dari lapisan sensor, pemrosesan data, inferensi AI, pengambilan keputusan, hingga aktuasi pada perangkat nyata masih relatif terbatas [6]. Padahal, integrasi antarkomponen tersebut merupakan faktor penting untuk menghasilkan sistem otonom yang responsif, andal, dan mudah dikembangkan pada berbagai aplikasi [7].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan arsitektur sistem otonom berbasis AI untuk pengambilan keputusan secara *real-time*. Arsitektur yang diusulkan terdiri atas lapisan akuisisi data menggunakan sensor, modul pemrosesan data, model AI sebagai mesin inferensi, modul pengambilan keputusan, serta aktuator sebagai keluaran sistem. Implementasi dilakukan pada perangkat nyata untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menghasilkan keputusan secara cepat dan akurat berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem otonom berbasis AI yang memiliki latensi rendah, skalabilitas tinggi, dan kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan.

METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada perancangan dan implementasi sistem otonom berbasis *Artificial Intelligence* (AI) untuk mendukung pengambilan keputusan secara *real-time*. Metode *Research and Development* dipilih karena penelitian tidak hanya bertujuan menghasilkan kajian teoritis, tetapi juga menghasilkan

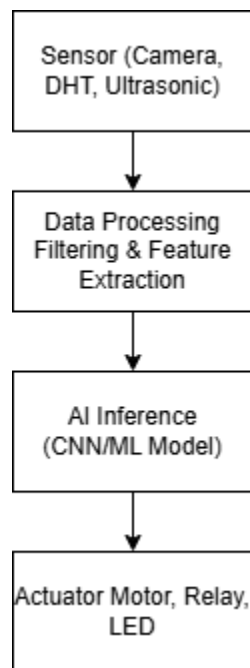
sebuah produk berupa sistem yang dapat diimplementasikan dan diuji secara langsung pada perangkat nyata. Melalui metode ini, proses penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari tahap perancangan hingga evaluasi kinerja sistem untuk memastikan bahwa arsitektur yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan operasional yang telah ditentukan.

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan karakteristik lingkungan dan kebutuhan pengambilan keputusan secara *real-time*. Selanjutnya dilakukan perancangan arsitektur sistem yang mencakup integrasi sensor, modul pemrosesan data, model kecerdasan buatan, serta aktuator sebagai komponen eksekusi keputusan. Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak sesuai dengan arsitektur yang telah dirancang. Model AI kemudian diintegrasikan ke dalam sistem untuk melakukan proses inferensi berdasarkan data yang diperoleh dari sensor. Tahap berikutnya adalah pengujian kinerja sistem guna mengevaluasi kemampuan sistem dalam memproses data, menghasilkan keputusan secara cepat dan akurat, serta mengeksekusi tindakan yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk menilai efektivitas arsitektur sistem yang diusulkan dalam mendukung pengambilan keputusan secara *real-time*.

2. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang diusulkan terdiri atas lima lapisan utama meliputi *Data Acquisition Layer*, *Data Processing Layer*, *AI Inference Layer*, *Decision-Making Layer*, dan *Actuator Layer*. Data lingkungan diperoleh melalui berbagai sensor yang terhubung dengan unit pemrosesan utama, seperti mikrokontroler atau komputer mini. Sensor berfungsi untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar secara *real-time*, yang kemudian dikirimkan ke sistem untuk diproses lebih lanjut. Pada tahap pemrosesan data, dilakukan penyaringan (*filtering*) untuk mengurangi *noise* serta penyesuaian format data agar sesuai dengan kebutuhan model kecerdasan buatan. Data yang telah diproses selanjutnya menjadi masukan bagi model AI untuk melakukan proses inferensi dan menghasilkan prediksi berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Hasil inferensi tersebut kemudian diteruskan ke modul

pengambilan keputusan yang bertugas menentukan tindakan paling sesuai berdasarkan aturan dan logika yang telah ditetapkan. Keputusan yang dihasilkan selanjutnya dieksekusi secara otomatis oleh aktuator, sehingga sistem mampu merespons perubahan kondisi lingkungan secara cepat dan mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Otonom Berbasis AI

3. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

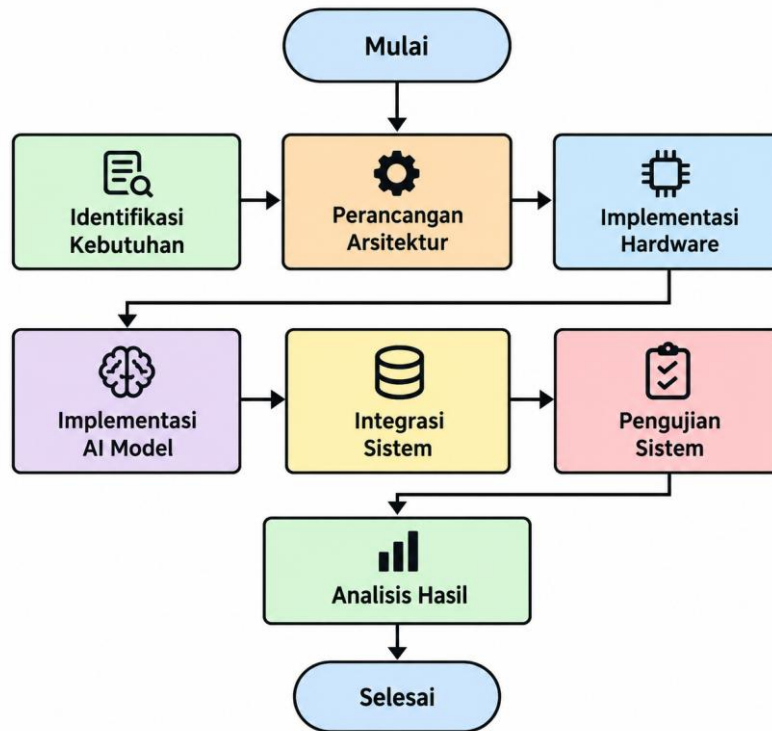
Perangkat yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem

Komponen	Fungsi
ESP32/Raspberry Pi	Unit pemrosesan utama
Sensor Kamera	Akuisisi citra lingkungan
Sensor Ultrasonik	Deteksi jarak objek
Sensor DHT11/DHT22	Monitoring suhu dan kelembapan
Motor Driver	Pengendali aktuator
Motor DC/Servo	Eksekusi keputusan
TensorFlow Lite	Implementasi model AI
Arduino IDE/Python	Pengembangan perangkat lunak

4. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian

5. Mekanisme Pengambilan Keputusan Real-Time

Sistem bekerja secara kontinu dengan mengumpulkan data sensor pada interval tertentu. Data yang diperoleh diproses terlebih dahulu untuk menghasilkan fitur yang relevan. Selanjutnya model AI melakukan proses inferensi untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan atau objek yang diamati. Output model AI dinyatakan sebagai probabilitas kelas yang dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$P(y_i, x) = e^{z_i} / \sum_{j=1}^N e^{z_j} \quad (1)$$

Dengan:

- $P(y_i, x)$ = probabilitas kelas ke- i
- Z_i = nilai keluran neuron ke- i
- N = jumlah kelas keluaran

Kelas dengan probabilitas tertinggi dipilih sebagai hasil prediksi dan diteruskan ke modul pengambilan keputusan. Modul tersebut menentukan tindakan yang harus dilakukan aktuator berdasarkan aturan yang telah ditetapkan.

6. Parameter Pengujian

Evaluasi sistem dilakukan menggunakan beberapa parameter berikut:

Tabel 2. Parameter Evaluasi

Parameter	Keterangan
Akurasi (%)	Tingkat ketepatan keputusan AI
Precision (%)	Ketepatan prediksi positif
Recall (%)	Kemampuan mendeteksi kondisi yang benar
F1-Score (%)	Kombinasi precision dan recall
Response Time (ms)	Waktu dari pembacaan sensor hingga keputusan
Latency (ms)	Keterlambatan komunikasi sistem
Success Rate (%)	Persentase keputusan yang berhasil dieksekusi

Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui efektivitas arsitektur yang dirancang dalam mendukung pengambilan keputusan secara real-time pada sistem otonom berbasis AI.

PEMBAHASAN

Arsitektur sistem otonom berbasis AI yang diusulkan dirancang untuk mendukung proses pengambilan keputusan secara *real-time* melalui integrasi beberapa komponen utama, yaitu sensor, modul pemrosesan data, model kecerdasan buatan, modul pengambilan keputusan, dan aktuator. Setiap komponen memiliki fungsi yang saling mendukung sehingga membentuk suatu sistem yang mampu merespons kondisi lingkungan secara otomatis tanpa intervensi manusia. Implementasi arsitektur dilakukan dengan pendekatan modular agar setiap komponen dapat dikembangkan atau dimodifikasi sesuai kebutuhan aplikasi tanpa mengubah keseluruhan struktur sistem.

Untuk mengevaluasi rancangan yang diusulkan, dilakukan analisis fungsional terhadap setiap lapisan arsitektur. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Fungsional Arsitektur Sistem

Komponen	Fungsi Utama	Kontribusi terhadap Sistem
Sensor	Mengumpulkan data lingkungan	Menyediakan informasi sebagai dasar pengambilan keputusan
Data Processing	Memfilter dan mengolah data sensor	Meningkatkan kualitas data sebelum inferensi AI
AI Inference	Menganalisis data dan menghasilkan prediksi	Memberikan kemampuan adaptasi dan kecerdasan sistem
Decision Engine	Menentukan tindakan berdasarkan hasil inferensi	Menghasilkan keputusan secara otomatis
Actuator	Melaksanakan keputusan sistem	Mewujudkan respons nyata terhadap kondisi lingkungan

Berdasarkan Tabel 3, setiap lapisan memiliki peran yang berbeda namun saling terintegrasi. Sensor berfungsi sebagai sumber informasi lingkungan, sedangkan modul pemrosesan data bertugas meningkatkan kualitas data yang akan digunakan oleh model AI. Selanjutnya, model AI melakukan inferensi untuk mengenali kondisi atau pola tertentu yang menjadi dasar bagi modul pengambilan keputusan dalam menentukan tindakan yang sesuai. Keputusan tersebut kemudian dieksekusi oleh aktuator sehingga sistem dapat memberikan respons secara otomatis.

Arsitektur yang diusulkan memiliki kesesuaian dengan konsep sistem otonom yang dijelaskan oleh Russell dan Norvig [7] yaitu sistem yang mampu melakukan persepsi, penalaran, dan tindakan secara mandiri. Selain itu, penggunaan pemrosesan lokal pada perangkat edge juga sejalan dengan konsep Edge AI yang

dikemukakan oleh Wang dkk. [2], di mana proses analisis data dilakukan lebih dekat dengan sumber data untuk mendukung respons yang lebih cepat dan efisien.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada perancangan arsitektur yang mengintegrasikan seluruh tahapan pengambilan keputusan real-time ke dalam satu kerangka sistem yang terstruktur. Berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya yang lebih berfokus pada pengembangan algoritma AI atau optimasi perangkat keras tertentu, penelitian ini menitikberatkan pada keterhubungan antar komponen sistem sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengembangan berbagai aplikasi sistem otonom berbasis AI.

Selain memiliki keunggulan dalam hal modularitas dan fleksibilitas, arsitektur yang dirancang juga memungkinkan integrasi berbagai jenis sensor, model AI, maupun aktuator sesuai kebutuhan aplikasi. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena evaluasi yang dilakukan berfokus pada aspek perancangan dan analisis fungsional sistem. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi prototipe secara nyata serta pengujian performa sistem menggunakan parameter kuantitatif seperti akurasi, waktu respons, konsumsi daya, dan tingkat keandalan sistem pada berbagai kondisi operasional.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang arsitektur sistem otonom berbasis *Artificial Intelligence* (AI) yang mendukung proses pengambilan keputusan secara *real-time* melalui integrasi sensor, modul pemrosesan data, model AI, modul pengambilan keputusan, dan aktuator. Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap komponen dalam arsitektur memiliki peran yang saling terhubung dalam mendukung proses persepsi, analisis, dan tindakan secara otomatis. Pendekatan modular yang digunakan memungkinkan sistem dikembangkan dan disesuaikan dengan berbagai kebutuhan aplikasi tanpa mengubah struktur utama arsitektur.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyusunan kerangka arsitektur yang mengintegrasikan seluruh tahapan pengambilan keputusan *real-time* dalam satu sistem yang terstruktur. Arsitektur yang diusulkan dapat menjadi dasar pengembangan berbagai sistem otonom berbasis AI, khususnya pada bidang

robotika, kendaraan cerdas, dan *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan kemampuan respons cepat dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena evaluasi yang dilakukan berfokus pada aspek perancangan dan analisis fungsional sistem sehingga belum mencakup pengujian performa secara kuantitatif pada lingkungan operasional yang sesungguhnya. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi prototipe secara nyata, pengujian menggunakan berbagai skenario operasional, serta evaluasi kinerja berdasarkan parameter seperti akurasi, latensi, keandalan, dan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan adanya pengembangan tersebut, arsitektur yang diusulkan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih luas terhadap pengembangan sistem otonom berbasis AI di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Shi W, Cao J, Zhang Q, Li Y, Xu L. Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet Things J.* 2016;3(5):637–646.
- [2]. Wang X, Wang B, Wu Y, Ning Z, Guo S, Yu FR. A survey on trustworthy edge intelligence: From security and reliability to transparency and sustainability. *IEEE Commun Surv Tutor.* 2024;1–29. doi:10.1109/COMST.2024.3446585.
- [3]. Deng S, Zhao H, Fang W, Yin J, Dustdar S, Zomaya AY. Edge intelligence: The confluence of edge computing and artificial intelligence. *IEEE Internet Things J.* 2020;7(8):7457–7469.
- [4]. Xie J, Zhou X, Cheng L. Edge computing for real-time decision making in autonomous driving: Review of challenges, solutions, and future trends. *IEEE Access.* 2024;15(7):598–607.
- [5]. Trivedi AR, Tayebati S, Kumawat H, Darabi N, Kumar D. Intelligent sensing-to-action for robust autonomy at the edge: Opportunities and challenges. *IEEE Access.* 2023.
- [6]. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. *Neural networks and deep learning.* Cambridge (MA): MIT Press; 2016.
- [7]. Russell S, Norvig P. *Artificial intelligence: A modern approach.* 4th ed. Harlow: Pearson; 2021.