

RANCANG BANGUN ROBOT PENGHINDAR RINTANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN KAMERA ESP32 CAM SEBAGAI SENSOR DETEKSI OBJEK

Muhammad Gandi Has^{1*}, Yudi Wijanarko²

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwiaya, Jl Srijaya Negara Bukit Lama, Kec. Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30128

Keywords:

ESP32 CAM, Ultrasonik, Arduino Uno, L298N, Pendeteksi Objek, Penghindar Rintangan.

Correspondent Email:

gandihhas52@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi robotika telah mendorong terciptanya sistem navigasi otomatis yang semakin cerdas dan adaptif. Salah satu implementasinya adalah robot penghindar rintangan yang mampu bergerak secara mandiri dengan mengenali dan menghindari objek disekitarnya. Penelitian ini merancang sebuah robot penghindar rintangan otomatis dengan menggabungkan sensor visual berbasis **ESP32-CAM** dan sensor jarak **Ultrasonik HC-SR04** untuk meningkatkan akurasi deteksi dan respons navigasi. **ESP32-CAM** digunakan untuk menangkap citra lingkungan dan mengenali keberadaan objek berdasarkan warna atau bentuk tertentu, sedangkan sensor **Ultrasonik** berfungsi mengukur jarak antara robot dengan rintangan secara *real-time*. Sistem kontrol terpusat menggunakan mikrokontroler **Arduino Uno** yang memproses data dari kedua sensor dan mengatur arah gerak robot melalui motor driver **L298N**. Perancangan mencakup integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang dikembangkan menggunakan platform **Arduino IDE**. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi rintangan secara efektif dan mengambil keputusan navigasi yang tepat berdasarkan kombinasi data visual dan jarak. Dengan pendekatan ini, sistem robot memiliki potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai robot otonom berbasis pengolahan citra (*vision-based robot*) yang lebih fleksibel dan cerdas dalam menghadapi berbagai kondisi lingkungan.



Copyright © JPI (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstract. The advancement of robotics technology has led to the development of increasingly intelligent and adaptive autonomous navigation systems. One such application is obstacle-avoiding robots, which are capable of navigating independently by detecting and avoiding surrounding objects. This study presents the design of an autonomous obstacle-avoiding robot that combines a vision-based sensor (**ESP32-CAM**) and a distance sensor (**HC-SR04**) to improve detection accuracy and navigation response. Sensor **ESP32-CAM** is used to capture environmental images and detect the presence of objects based on specific colors or shapes, while the ultrasonic sensor measures the distance between the robot and nearby obstacles in real-time. The central control system uses an **Arduino Uno** microcontroller to process data from both sensors and determine navigation direction via a **L298N** motor driver. The design includes hardware integration and software development using the **Arduino IDE** platform. The results show that the system can effectively detect obstacles and make accurate navigation decisions based on combination of visual and distance data. This approach demonstrates strong potential for further development into a vision-based autonomous robot that is more flexible and intelligent in dealing with

various environmental conditions.

1. PENDAHULUAN

Robot penghindar rintangan otomatis dengan deteksi objek dirancang untuk menjawab tantangan efisiensi pekerjaan. Menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, robot ini memadukan sensor *Ultrasonic* (pengukur arak anti-tabrakan), ESP32-CAM (deteksi objek), dan Motor DC untuk gerak otonom. Penelitian ini akan mengembangkan robot otomatis yang mampu menghindari dan mendeteksi objek menggunakan sensor kamera ESP32-CAM. Robot akan bergerak secara otomatis menggunakan motor DC berdasarkan data dari sensor dan pengendalian sistem tertentu. Selain itu, robot juga dilengkapi dengan ESP32-CAM untuk mendeteksi objek secara visual[1], [2]

Pada umumnya, sistem penghindar rintangan menggunakan sensor seperti, sensor ultrasonik, inframerah, atau LIDAR untuk mendeteksi keberadaan objek disekitarnya.

Sensor ultrasonik adalah sensor jarak yang bekerja dengan menggunakan gelombang suara ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek didepannya. Prinsip kerjanya serupa dengan mekanisme yang digunakan kelelawar dalam mengenali benda disekitarnya. Sensor ini memancarkan gelombang ultrasonik melalui transmitter, kemudian gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh objek didepannya. Pantulan gelombang ini kemudian diterima oleh receiver pada sensor ultrasonik. Namun, dalam praktiknya, bentuk dan karakteristik objek yang terdeteksi bisa sangat beragam[3], [4], [5].

Salah satu modul yang biasa digunakan untuk pengembangan sistem vision yaitu, ESP32-CAM mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan kamera OV2640 dan memiliki kemampuan pemrosesan gambar serta konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*. Modul ini dikenal ringan, berbiaya rendah dan cukup mumpuni untuk aplikasi pengenalan objek sederhana.[6]

Beberapa studi sebelumnya telah menerapkan ESP32-CAM pada sistem pemantauan jarak jauh, robot *Line Follower* berbasis kamera, hingga sistem deteksi wajah sederhana[7]. Namun, pemanfaatan ESP32-CAM sebagai sensor utama pada robot

penghindar rintangan berbasis deteksi visual masih relatif baru dan belum banyak dieksplorasi secara mendalam, terutama dalam hal perancangan sistem yang terintegrasi.

Selain itu, Arduino Uno bekerja bersama modul motor driver L298N untuk mengontrol arah dan kecepatan motor DC[8]. Modul L298N memungkinkan pengendalian empat motor DC secara simultan dengan arah maju atau mundur. Kombinasi ini memungkinkan sistem navigasi robot bergerak sesuai intruksi dari hasil deteksi kamera dan sensor. L298N juga berfungsi sebagai jembatan antara logika tegangan Arduino dan kebutuhan arus tinggi dari motor, menjadikannya komponen penting dalam penggerak robot ini[9].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan **rancang bangun sistem robot penghindar rintangan otomatis** yang menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi rintangan dan ESP32-CAM sebagai pendeteksi objek. Penelitian ini menitikberatkan pada integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak serta pemetaan alur kerja sistem, tanpa melakukan pengujian eksperimental secara menyeluruh. Diharapkan, desain yang dihasilkan dapat menjadi pijakan awal untuk pengembangan sistem robot navigasi otonom yang lebih cerdas dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan robotika mendorong penggunaan sistem navigasi otomatis yang mampu mendeteksi dan merespons objek di lingkungan sekitarnya. Arduino Uno merupakan mikrokontroler populer yang banyak digunakan dalam sistem robotik karena kemudahannya dalam pemrograman dan integrasi dengan berbagai sensor. Dalam konteks penggerak, modul motor driver L298N berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan arah dua motor DC secara independen melalui sinyal dari arduino.

Untuk deteksi rintangan, digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang bekerja dengan prinsip pantulan gelombang suara. Sensor ini memberikan data jarak secara *real-time* yang berguna dalam pengambilan keputusan navigasi agar robot dapat menghindari

tabrakan. Sebagai sistem penglihatan, modul ESP32-CAM digunakan untuk mendeteksi objek secara visual. Modul ini memiliki kamera bawaan serta konektivitas Wi-Fi, memungkinkan pengambilan gambar secara langsung dan pengiriman data ke sistem pemrosesan.

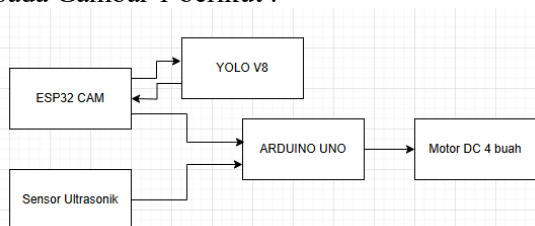
Integrasi antara Arduino Uno, L298N, sensor Ultrasonik, dan ESP32-CAM memungkinkan robot untuk melakukan navigasi otomatis sekaligus mendeteksi objek berbasis citra. Kombinasi ini menjadikan robot lebih responsif terhadap kondisi lingkungan secara visual dan spasial.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan sistem yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Metode ini bertujuan membangun prototipe robot penghindar rintangan otomatis yang mampu mendeteksi objek di jalur geraknya menggunakan kamera ESP32-CAM sebagai sensor visual utama[10], serta sensor *ultrasonik* sebagai sensor penghindar rintangan nya[11].

3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem dirancang untuk bekerja secara otonom berdasarkan data visual yang diperoleh dari kamera ESP32-CAM dan sensor ultrasonik. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1 berikut :



(Gambar 1. Diagram Blok Sistem Robot Penghindar Rintangan Otomatis)

Deskripsi sistem :

- Kamera ESP32-CAM mengambil citra lingkungan disekitar robot.
- Gambar diproses oleh ESP32 CAM untuk mendeteksi keberadaan objek di jalur robot.
- Sensor ultrasonik mendeteksi rintangan didepan robot.
- Lalu kedua sensor tersebut mengirim sinyal ke Arduino untuk di proses dan

memberikan perintah kepada Motor Driver.

- Keputusan navigasi (maju, belok kiri, belok kanan, atau mundur) dikirim ke motor driver.
- Motor driver mengatur arah gerak motor DC berdasarkan hasil deteksi.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Komponen utama dalam sistem meliputi:

- Arduino Uno : berfungsi sebagai mikrokontroler. Pusat pengendali navigasi.
- ESP32-CAM : berfungsi mengambil gambar lingkungan untuk mendeteksi objek visual.
- Sensor Ultrasonik HC-SR04 : mendeteksi keberadaan rintangan berdasarkan jarak.
- Motor Driver L298N : mengatur arah dan kecepatan motor DC.
- Motor DC : penggerak roda robot.
- Power supply : baterai Li-ion 12V dan stepdown tegangan 5V.

Sistem ini dirancang agar ESP32-CAM dan sensor ultrasonik bekerja secara paralel dan terintegrasi dengan arduino untuk pengambilan keputusan.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibangun menggunakan dua platform pemrograman :

- **Arduino Uno** untuk pemrograman logika kontrol dan pembacaan sensor.
- **ESP32-CAM firmware** untuk pemrosesan vision.

Langkah – langkah utamanya :

- ESP32-CAM mendeteksi objek visual (misalnya berdasarkan warna atau bentuk).
- Sensor ultrasonik mengukur jarak ke objek.
- Arduino memproses sinyal dari kedua sensor :
 1. Jika objek terlalu dekat > robot berhenti lalu belok
 2. Jika objek terdeteksi visual tapi jauh > tetap melaju.
 3. Jika tidak ada objek > robot melaju lurus.

- Motor driver menerima sinyal arduino untuk menggerakkan motor DC sesuai keputusan navigasi.

Sistem ini mengadaptasi pendekatan logika fuzzy sederhana untuk pengambilan keputusan berbasis 2 input sensor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun Sistem

Rancang bangun robot penghindar rintangan ini menghasilkan sebuah prototipe sistem yang mampu menggabungkan deteksi objek berbasis visual (ESP32-CAM) dan jarak (Ultrasonik) untuk pengambilan keputusan navigasi. Berikut beberapa hasil perancangan :

1. Rangkaian Sistem Keseluruhan :

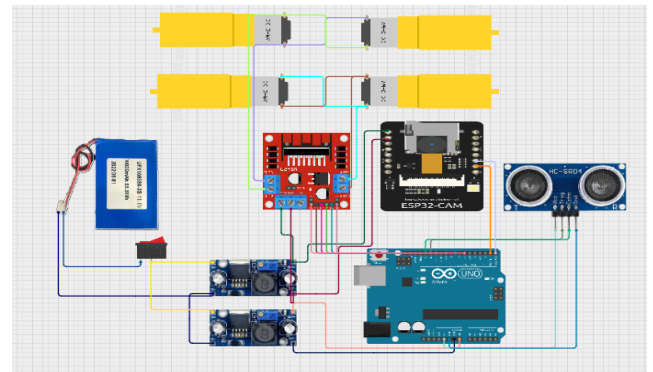
Rangkaian sistem dirancang dengan ESP32CAM yang bekerja secara independen untuk mendeteksi objek secara visual sedangkan Arduino Uno berperan sebagai pusat kontrol, memproses data dari sensor ultrasonik dan mengatur gerakan motor.

Komponen :

- Arduino Uno
- ESP32-CAM
- Sensor Ultrasonik HC-SR04
- Motor DC 4 buah
- Driver Motor L298N
- Baterai Li-ion 12V dan Stepdown 5V
- Breadboard, Jumper, rangka akrilik

2. Diagram Koneksi Pin

- ESP32-CAM ditenagai dari baterai 12V yang di seri kan dengan stepdown 5V, dengan komunikasi mlalui Wi-Fi streaming.
- HC-SR04 dihubungkan ke pin digital Arduino Trig dan Echo.
- L298N dihubungkan ke pin PWM Arduino untuk mengatur kecepatan dan arah putar motor.



(Gambar 2. Diagram rangkaian ESP32-CAM, Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, dan L298N.)

4.2 Implementasi dan Integrasi Sistem

Seluruh komponen telah diuji secara individual :

- ESP32-CAM berhasil mendeteksi objek, menggunakan *Web Serial Monitor* atau *Streaming Server* lokal.
- Sensor ultrasonik menunjukkan pembacaan akurat pada jarak 2-30 cm.
- Kombinasi input dari kedua sensor dikendalikan melalui arduino untuk menghasilkan keluaran motor DC.

Sistem dikembangkan untuk mendukung skenario rintangan statis (misalnya tembok atau objek diam). Hasil penggabungan kedua sensor memperkaya respon robot terhadap berbagai jenis rintangan.

Implementasi ESP32-CAM untuk *based-detection* sesuai dengan metode yang digunakan oleh (Samalla D)[12] , yang memanfaatkan deteksi warna sebagai dasar navigasi robot mobile.

4.3 Kelebihan dan Keterbatasan Sistem

Kelebihan :

- Sistem vision memungkinkan deteksi objek berdasarkan warna atau bentuk.
- Sensor ultrasonik memberikan akurasi jarak untuk keamanan navigasi.
- Arduino sebagai pusat kendali mempermudah pemrosesan logika.

Keterbatasan :

- Pemrosesan gambar pada ESP32-CAM masih terbatas (tidak optimal untuk pengenalan objek kompleks.)

- Integrasi *real-time* antara ESP32-CAM dan Arduino memerlukan komunikasi yang stabil.

Belum dilakukan pengujian dengan objek bergerak.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan robot penghindar otomatis menggunakan Arduino Uno, ESP32-CAM dan sensor Ultrasonik HC-SR04. Sistem ini mampu mengambil keputusan navigasi berdasarkan deteksi objek secara visual dan jarak, sehingga robot dapat menghindari rintangan secara otomatis.

Penggunaan ESP32-CAM memungkinkan deteksi objek berdasarkan warna atau bentuk, sementara sensor ultrasonik memberikan informasi jarak secara akurat. Kombinasi kedua sensor ini membuat sistem lebih andal dibanding penggunaan sensor tunggal.

Ke depan, sistem ini dapat dikembangkan dengan pemrosesan citra lanjutan dan *machine learning* ringan seperti YOLOV3 dan TinyML, agar robot dapat mengenali objek secara lebih cerdas dan beroperasi di lingkungan yang lebih kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hidayat and M. R. Khatami, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pengendalian Navigasi Mobile Robot Memanfaatkan Sensor Akselerometer dan Sensor Ultrasonik," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 13, no. 2, pp. 253–261, Oct. 2024, doi: 10.34010/komputika.v13i2.13490.
- [2] A. Herwandi, A. A. Ramadhan, N. T. Sunggono, and F. Ferawati, "Analisis Kinerja ESP32-CAM Dalam Mendeteksi Objek," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 1014–1021, Apr. 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2296.
- [3] O. Supriadi, "PERANCANGAN ROBOT AVOIDER BERBASIS ARDUINO UNO MENGGUNAKAN TIGA SENSOR ULTRASONIK," *Journal Of Electrical Power, Instrumentation and Control*.
- [4] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, "SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK", [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnalt era/>
- [5] H. Abbas, K. Kamal, S. P, and W. Samad, "PERANCANGAN ROBOT PEMBERSIH LANTAI BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN SENSOR ULTRA SONIK," *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 20, no. 01, pp. 25–31, May 2025, doi: 10.47398/iltek.v20i01.225.
- [6] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, Feb. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.347.
- [7] D. K. Samalla, K. Deepthi2, M. M. Sai, K. Jyothirmai, and J. Akash, "Line Follower Robot Using ESP32 Cam," 2024.
- [8] M. S. Yoski and R. Mukhaiyar, "Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroller dengan Sensor Ultrasonik," 2020.
- [9] E. Sopyan, D. Suarna, and M. Harun Ashar, "Rancang Bangun Robot Pengantar Obat dan Makanan Pasien Berbasis Internet of Things," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 4, no. 2, pp. 344–352, 2023, doi: 10.47065/bit.v3i1.
- [10] D. Nurdiansyah, S. Satrianansyah, and A. Sobri, "SMART ROBOT OBJECT DETECTION MENGGUNAKAN ESP-32 CAM," *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, vol. 7, no. 1, p. 272, Jun. 2024, doi: 10.37600/tekinkom.v7i1.1296.
- [11] R. Maulidda *et al.*, "Penerapan Pembelajaran Logika Fuzzy pada Robot Penghindar Rintangan," 2022.
- [12] D. K. Samalla, K. Deepthi2, M. M. Sai, K. Jyothirmai, and J. Akash, "Line Follower Robot Using ESP32 Cam," 2024.