

Implementasi Sistem Pengenalan dan Pelancaran Objek pada *Mobile Robot 4WD* Berbasis ESP32CAM Untuk Navigasi dalam Ruang 2D

Faris Anwarman Hulu^{1*}, Gogor Christmass Setyawan², Kristian Juri Damai Lase³

Informatika, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: anwarmanf@gmail.com

Abstract

2D indoor mobile robot navigation is an ever-evolving area in the field of robotics. This research aims to develop an efficient navigation system for a four-wheel drive (4WD) robot by utilizing the capabilities of the ESP32-CAM in real-time object recognition and tracking. In this study, we implemented TensorFlow.js and the COCO-SSD model, which is a deep learning-based object recognition model trained on the extensive COCO dataset. The developed system is capable of recognizing, tracking, and following objects in a 2D indoor environment. The methodology used includes setting up the ESP32-CAM to process images in real-time, integrating TensorFlow.js with the COCO-SSD model for objects. Testing results show that the system can recognize, track, and follow moving objects with high accuracy and under various lighting conditions. This implementation demonstrates the potential use of deep learning technology in embedded system with limited resources like the ESP32-CAM for robotics applications.

Keywords: ESP32-CAM; Object Tracking; 4WD Mobile Robot; COCO-SSD

Abstrak

Navigasi *mobile robot* dalam ruangan 2D merupakan salah satu area yang terus berkembang dalam bidang robotika. Penelitian ini bertujuan mengembangkan system navigasi yang efisien untuk robot empat roda (4WD) dengan memanfaatkan kemampuan ESP32-CAM dalam pengenalan dan pelancaran serta mengikuti objek secara *real-time* dengan menggunakan komunikasi wifi dalam pengiriman data dan pengontrol *mobile robot*. Dalam penelitian ini, kami mengimplementasikan *TensorFlow.js* dan Model COCO-SSD, yang merupakan salah satu model pengenalan objek berbasis deep learning yang terlatih pada dataset COCO yang luas. Sistem yang dikembangkan mampu mengenali, melacak dan mengikuti objek dalam ruangan 2D. Metodologi yang digunakan meliputi pengaturan ESP32-CAM untuk memproses citra secara real-time, pengintegrasian *TensorFlow.js* dengan model COCO-SSD untuk pengenalan objek, dan pengembangan algoritma untuk pelancaran objek bergerak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa system mampu mengenali, melacak dan mengikuti objek yang bergerak dengan akurasi yang tinggi dan dalam kondisi pencahayaan yang beragam. Implementasi ini menunjukkan potensial penggunaan teknologi deep learning dalam system embedded dengan sumber daya terbatas seperti ESP32-CAM untuk aplikasi robotika.

Kata kunci: EPS32-CAM; Pelacakan Object; Mobile Robot 4WD; COCO-SSD.

1. Pendahuluan

Di era teknologi saat ini, pengembangan system otomasi dan robotika telah menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian dan pengembangan. Robot bergerak (*Mobile robot* yang dapat beroperasi secara mandiri dalam lingkungan tertentu yang memiliki kemampuan untuk melakukan navigasi secara otomatis dalam lingkungan yang dinamis [1]. Dalam penelitian ini penggunaan model deteksi objek COCO-SSD Bersama kamera ESP32Cam untuk mendeteksi, melacak dan mengikuti objek [2] Pada *Mobile Robot 4WD (Four-Wheel Drive)* sebagai yang dilengkapi dengan kemampuan navigasi 2D dimana mobil robot dikendalikan menggunakan *handphone* atau laptop dengan memanfaatkan wifi static pada ESP32Cam sebagai mikrokontroler pada *mobile robot* [3].

Saat ini, terdapat gap antara kondisi riil dan kondisi ideal dalam deteksi, pelacakan, dan pengikutan objek oleh robot bergerak. Masalah yang sering muncul adalah kurangnya akurasi deteksi objek dalam kondisi pencahayaan yang berubah-ubah, jarak objek terdeteksi, dan

validasi gerakan motor dalam mengikuti objek. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut dengan mengintegrasikan kamera ESP32-CAM dan model deteksi objek COCO-SSD pada mobile robot 4WD.

ESP32-CAM merupakan papan pengembangan *Wifi* dan *Bluetooth* dengan mikrokontroler esp32 dan kamera yang sangat kecil dan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yang melibatkan pengambilan gambar dan pengolahan video[4]. Dengan kapasitas pemrosesan gambar dan konektivitas wifi yang, memberikan platform yang ideal untuk implementasi algoritme visi *computer* yang canggih seperti COCO-SSD[5]. Wifi digunakan sebagai sarana pengendali robot, yang memungkinkan transmisi data dan perintah secara *real-time* antara robot dan stasiun pengendali, dengan memanfaatkan modul ESP32-CAM[6], [7]

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan system deteksi, pelacakan, dan pengikutan objek yang lebih akurat [8]. Dan efisien menggunakan kamera ESP32Cam dan model COCO-SSD pada mobile robot 4WD secara realtime dalam ruangan 2D[9] Manfaatnya meliputi peningkatan efektivitas robot dalam berbagai aplikasi praktis, seperti navigasi dalam ruangan dan pengawasan otomatis serta kontribusi terhadap kemajuan teknologi robotika dan otomasi[10].

2. Tinjauan Pustaka

Menurut Bayu Fandardarma, Ridam Dwi Laksono, Krisna Warih Bintang Pamungkas pada penelitiannya "Rancang Bangun Mobil *Remote Control* Pemantau Area berbasis Iot menggunakan ESP32-CAM"[11]. Pada penelitiannya menyatakan bahwa Mobil RC bergerak lambat jika jaraknya lebih dari 12 Meter dan berhenti pada jarak 14 meter. Secara keseluruhan, Mobil ini berfungsi normal dan sesuai harapan. Pada kondisi gelap, mobil bergerak lancar dan keluar sirkuit dengan mudah. Berdasarkan penelitian mobil RC ini cocok untuk semua medan, termasuk yang sulit, karena dilengkapi dengan flash pada esp32cam, memungkinkan mobil beroperasi optimal dalam kondisi gelap dan pada jarak hingga 12 meter.

Menurut Yusuf Hermawan, Ahmad Ridho', pada penelitiannya "Rancang Bangun Kamera Portabel Pemantauan Ruang Brankas Berbasis IoT Menggunakan ESP-32 Camera"[12]. Pada penelitiannya menyatakan kamera portabel ini bekerja dengan menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM yang dibantu oleh sensor PIR dan aplikasi telegram, ketika terdeteksi adanya gerakan di ruang brankas, Sensor ESP32-Cam akan menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi berupa kepada pemiliknya melalui telegram. Kamera Portabel ini berfungsi ketika secara efisien jika jarak sensor PIR dengan objek tidak melebihi 5 meter.

Menurut Putu Sudharma, Gede Sukadarmika, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana, Pada penelitiannya "Pendeteksi Jumlah Orang Pada Sistem Bangunan Pintar Menggunakan Algoritma *You Only Look Once*"[13]. Pada Penelitiannya menyatakan bahwa Metode penggunaan Algoritma YOLOv3 menunjukkan hasil yang baik, dengan tingkat kepresisian yang tinggi. Pada lima kondisi pencahayaan yang berbeda, hasil pengukuran mAP bervariasi. Saat pencahayaan ditingkatkan, nilai mAP meningkat, sementara saat pencahayaan dikurangi, nilai mAP menurun. Nilai mAP yang diperoleh adalah sebagai berikut: 90,7% pada pencahayaan yang direduksi 75%, 92,0% pada pencahayaan yang direduksi 50%, 92,3% pada kondisi normal, 93,0% pada pencahayaan yang ditingkatkan 50%, dan 93,4% pada pencahayaan yang ditingkatkan 75%. Algoritma YOLOv3 juga berhasil diimplementasikan pada purwarupa bangunan pintar untuk mendeteksi jumlah orang dalam gambar yang ditangkap oleh ESP-32cam di setiap ruangan. Penelitian selanjutnya akan menerapkan mekanisme pendeteksian orang pada sistem bangunan pintar yang sebenarnya, guna mengevaluasi kinerja Algoritma YOLOv3 yang telah dilatih dalam berbagai kondisi ruangan.

Menurut Prisky Ratna Aningtiyas, Agus Sumin, dan Setiawan Wirawan, Pada penelitiannya "Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra-Terlatih"[14], Menyatakan Berdasarkan Penelitian, telah menghasilkan aplikasi deteksi objek menggunakan TensorFlow Object Detection API dan SSD Mobilenet V2, yang mendeteksi lima jenis objek dengan rata-rata akurasi 93.02%. Aplikasi ini dapat dikembangkan untuk mendeteksi banyak objek dalam satu gambar, menambahkan fitur pemrosesan gambar real-time, dan kompatibilitas dengan berbagai platform seperti Android dan website.

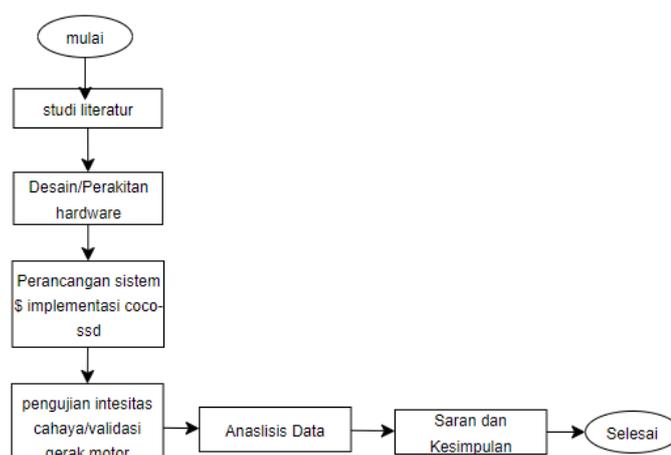
Menurut Dedy Agung Prabowo, Dedy Abdullah, Ari Manik Pada Penelitiannya "Deteksi Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking"[15]. Menyatakan bahwa Perbedaan warna antara objek dan latar belakang sangat mempengaruhi hasil deteksi. Jika warna latar belakang mirip dengan warna objek, sistem tidak dapat membedakan keduanya,

yang mengganggu atau menggagalkan proses pelacakan. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan menghitung objek yang telah ditentukan. Keberhasilan pendeteksian objek sangat dipengaruhi oleh perbedaan warna antara objek dan latar belakang serta pencahayaan yang optimal, yaitu 31-15.000 lux.

Dalam penelitian ini pengenalan objek, memanfaatkan model COCO-SSD (*Common Objects in Context-Single Shot Detector*), yang merupakan sebuah model pembelajaran mendalam yang telah terlatih untuk mengidentifikasi berbagai objek dalam sebuah citra. Model ini dipilih karena kemampuannya yang cepat dan akurat dalam mendeteksi objek dalam berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang. Penelitian ini menghasilkan dan mengembangkan sistem pengenalan objek yang lebih akurat dalam situasi kondisi pencahayaan dan memiliki jangkauan jarak deteksi yang cukup jauh. dalam setiap objek yang terdeteksi akan diikuti oleh mobile robot secara real-time dalam ruangan 2D menggunakan kontrol wifi pada ESP32-CAM dan juga Model COCO-SSD dirancang untuk berjalan secara efisien bahkan dengan sumber daya komputasi terbatas, seperti yang tersedia pada ESP32-CAM

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa proses tahapan yang diterapkan dalam menyelesaikan penelitian ini, seperti pada gambar 1:



Gambar 1. Struktur Metode Penelitian

1) Studi Literatur dan Analisa Kebutuhan

Dalam rangka memperoleh informasi dan teori pendukung yang relevan, telaah literatur atau riset dari penelitian-penelitian terdahulu menjadi langkah esensial. Melalui pengumpulan berbagai data dan teori yang telah dijelaskan dalam literatur terkait, peneliti dapat mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan yang harus dipenuhi dalam rangka penelitian ini. Berikut adalah aspek-aspek yang diidentifikasi sebagai kebutuhan utama dalam penelitian ini:

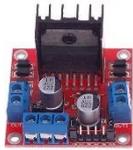
- 1) Dalam Pengenalan dan Pelacakan objek, peneliti menggunakan Model COCO-SSD yang efektif dalam mengenali 90 jenis objek yang berbeda yang sudah terlatih yang telah dirancang dan sudah dilatih menggunakan model TensorFlow kemudian di konversi ke format TensorFlow lite, di rancang untuk perangkat dengan sumber daya yang terbatas.
- 2) Micro-controller yang digunakan ialah ESP32-CAM yang merupakan perangkat keras yang digunakan untuk mengambil gambar dan pemrosesan data visual, serta mengelola komunikasi yaitu peneliti menggunakan WIFI.
- 3) Untuk mengprogram/mengupload program ke ESP32-CAM, peneliti menggunakan Arduino IDE sebagai platform pengembang yang digunakan untuk mengprogram Mikrokontroler.
- 4) Peneliti menggunakan laptop ram 6 GB dan SSD 237 GB untuk menyelesaikan proyek ini.

2) Desain dan Perakitan Hardware

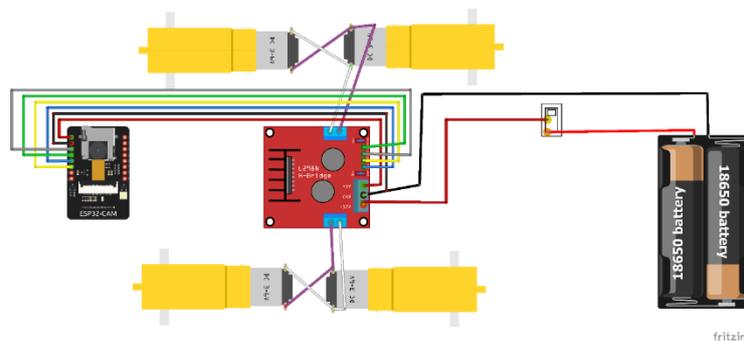
Proses desain dan perakitan hardware akan dibahas pada bagian ini, yang merupakan langkah penting dalam pengembangan sistem elektronik. Pemilihan komponen yang tepat, pembuatan skema sirkuit, dan perancangan tata letak fisik perangkat adalah semua bagian dari

desain hardware. Setelah tahap ini selesai, komponen elektronik digabungkan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Untuk memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan benar dan perangkat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, proses ini membutuhkan keahlian dan ketelitian khusus. Selain itu, bagian ini akan membahas berbagai alat dan pendekatan yang digunakan untuk desain dan perakitan hardware, serta masalah yang mungkin dihadapi selama proses tersebut. Berikut adalah alat-alat yang dibutuhkan dalam perakitan. Seperti pada tabel 1 sebagai berikut:

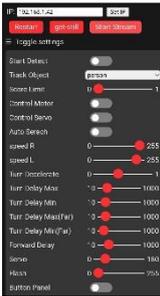
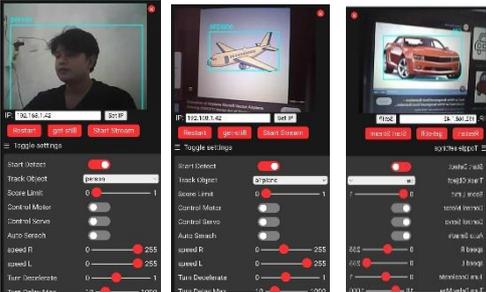
Tabel 1. Komponen Sistem

Gambar	Alat/Jumlah	Keterangan
	L298n x 1	berfungsi untuk mengendalikan 4 motor DC dan mengatur arah putaran dan kecepatan motor.
	Esp32-Cam x 2	ESP32-CAM adalah modul kamera yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan kamera, yang memberikan kemampuan untuk mengambil gambar, streaming video, dan memproses data dengan dukungan Wifi dan Bluetooth.
	Motor DC x 4	Motor DC (Direct Current) adalah sebuah perangkat elektromekanis yang mengubah energi listrik dari sumber arus searah menjadi energi mekanis dalam bentuk gerakan rotasi dikendalikan menggunakan teknik PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengatur kecepatan dan arah rotasinya, memungkinkan robot untuk melakukan berbagai tugas dengan akurasi dan efisiensi tinggi.
	Baterai 18650 x 3	Baterai 18650 adalah jenis baterai lithium-ion yang berbentuk silinder dengan ukuran standar 18 mm diameter dan 65 mm panjang, itulah asal usul namanya (18 dan 650). Baterai ini dikenal karena kapasitas penyimpanannya yang besar, umur panjang, dan kemampuan untuk memberikan daya yang tinggi.

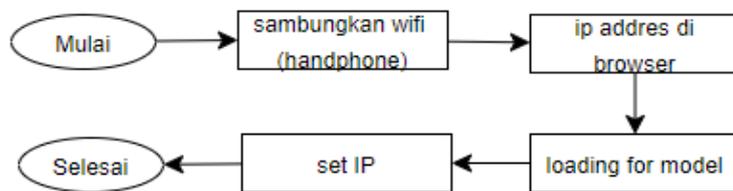
Berikut Adalah Skema Rancangan *Hardware mobile* robot 4WD pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Desain Hardware

Gambar	Keterangan	Penjelasan
	<p>Halaman Kontrol Objek, Motor, dan Setingan</p>	<p>Gambar disamping merupakan halaman web yang digunakan sebagai pengontrol motor dan deteksi objek dan settingan kecepatan dll.</p>
	<p>Dataset Objek</p>	<p>Gambar di samping merupakan dataset objek yang digunakan sebagai objek deteksi dengan single detection.</p>
	<p>Hasil implementasi coco-ssd menggunakan ESP32-CAM</p>	<p>Gambar disamping merupakan berbagai testing objek yang telah diimplementasikan dataset coco-ssd menggunakan esp32-cam.</p>

Berikut merupakan perancangan system yang digunakan dalam penelitian ini, peneliti menggunakan ssid wifi KOS ELITE dan *Device Handphone* yang telah di programkan pada Esp32-Cam sebelumnya sepeti pada gambar 4:



Gambar 4 Flowchrat Perancangan sistem

4 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dari hasil implementasi dan pemograman dari metedo penelitian, Maka dapat di bahas beberapa hasil dari penelitian yang di lakukan Sebagai berikut:

1) Pengukuran Intesitas Cahaya Untuk deteksi Objek

Salah satu cara yang efektif untuk mendeteksi keberadaan objek adalah dengan mengukur intensitas cahayanya. Untuk mengukur intensitas cahaya, dalam penelitian ini, saya menggunakan *metode Fotometri digital berbasis sensor cahaya* yang merupakan metode pengukuran cahaya menggunakan sensor elektronik yang mampu memberikan output digital, dalam hal ini peneliti menggunakan sensor GY-302 BH 1750. Hasil pengujian ketika pengukuran intensitas cahaya saat pendeteksian objek adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya
Kondisi Pencahayaan Intesitas cahaya (Lux) keterangan

<i>Kondisi Pencahayaan</i>	<i>Intesitas cahaya (Lux)</i>	<i>keterangan</i>
<i>Terang</i>	800	Objek Terdeteksi
<i>Terang</i>	850	Objek Terdeteksi
<i>Terang</i>	900	Objek Terdeteksi
<i>Redup</i>	200	Objek Terdeteksi
<i>Redup</i>	180	Objek Terdeteksi
<i>Redup</i>	220	Objek Tredeteksi
<i>Gelap</i>	30	Objek tidak terdeteksi
<i>Gelap</i>	20	Objek tidak terdeteksi
<i>Gelap</i>	10	Objek tidak terdeteksi

Berdasarkan Analisa pada tabel diatas:

- Pada Kondisi terang, Sensor BH1750 mampu memberikan pembacaan intensitas cahaya yang akurat dan Berhasil mendeteksi Objek.
- Pada kondisi redup, meskipun intensitas cahaya menurun, objek masih dapat dideteksi, tetapi tingkat akurasi pendeteksian objek sedikit berkurang.
- Pada kondisi gelap, dengan intensitas cahaya yang sangat rendah Maka Objek tidak dapat dideteksi.

Untuk mengukur intensitas cahaya dalam deteksi objek, sensor GY-302 BH1750 memberikan hasil yang memuaskan pada kondisi pencahayaan yang cukup, tetapi pada kondisi pencahayaan yang lebih rendah, performa deteksi objek menurun. Oleh karena itu, pencahayaan yang cukup penting untuk deteksi objek yang akurat menggunakan model COCO-SSD.

2) Jarak Objek Terdeteksi

Pengukuran jarak objek yang terdeteksi dilakukan menggunakan metode pengukuran jarak berbasis meter. Metode ini bertujuan untuk menentukan posisi objek relatif terhadap robot mobile dengan akurasi yang tinggi. Pengukuran jarak yang tepat sangat penting dalam navigasi dan pelacakan objek, terutama dalam ruang 2D di mana ketepatan posisi mempengaruhi keberhasilan navigasi robot. Dalam sub-bagian ini, akan dijelaskan secara rinci teknik pengukuran jarak yang digunakan, perangkat keras dan perangkat lunak yang diterapkan, serta hasil pengujian yang menunjukkan efektivitas metode ini dalam mendeteksi jarak objek dalam pengujian ini peneliti menggunakan objek person (manusia) dalam percobaan ini.



Gambar 5. Pengukuran jarak objek

Berdasarkan pada gambar 5, berikut merupakan hasil pengukuran jarak jauh dekat objek yang dapat terdeteksi;

Tabel 4. Hasil Pengukuran Ijarak Obyek

Jarak	Keterangan
3 Meter	Objek terdeteksi
2,2 Meter	Objek terdeteksi
3,5 Meter	Objek terdeteksi
4,20 Meter	Objek terdeteksi
5 Meter	Objek terdeteksi
6 Meter	Objek terdeteksi
7 Meter	Objek tidak terdeteksi
1,5 Meter	Objek tidak terdeteksi

Jarak 3 Meter dan 2,2 meter, Pada jarak ini, objek terdeteksi dengan jelas. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang relatif dekat (sekitar 2-3 meter), sistem pengukuran jarak bekerja dengan sangat baik, mendeteksi objek secara akurat.

Jarak 3,5 Meter hingga 6 meter, Pada jarak antara 3,5 Meter hingga 6 meter, objek masih terdeteksi, namun terdapat beberapa kelemahan. Meskipun objek terdeteksi dengan jelas, kelemahan yang teramati bisa disebabkan oleh faktor seperti cahaya yang kurang optimal atau gangguan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran jarak masih cukup andal hingga jarak 6 meter, namun akurasi mulai berkurang.

Jarak 7 Meter dan 1,5 meter, Pada jarak 7 meter, objek tidak terdeteksi. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki batas deteksi maksimal di bawah 7 meter. Dikarekan objek terlalu jauh dari jangkauan kamera esp32cam dan kurang intensitas cahaya menurun. Pada jarak 1,5 meter, objek juga tidak terdeteksi. Ini bisa disebabkan oleh faktor pada jarak yang sangat dekat sehingga wujud objek tidak terlihat pada kamera esp32cam karna terlalu dekat dengan kamera.

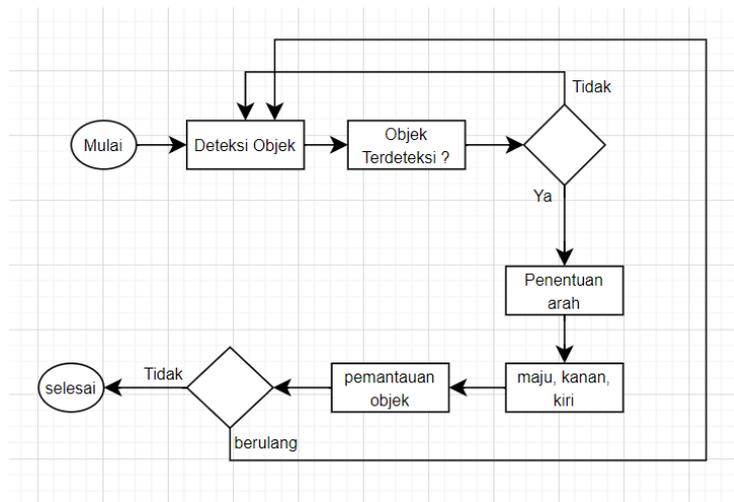
Berdasarkan Analisa data Sistem pengukuran jarak objek bekerja dengan sangat baik pada jarak 2-3 meter, mendeteksi objek dengan jelas dan akurat. Pada jarak 3,5-6 meter, objek masih terdeteksi meskipun terdapat beberapa kelemahan akibat cahaya yang kurang optimal atau gangguan lingkungan. Di jarak 7 Meter dan 1,5 meter, objek tidak terdeteksi, menunjukkan bahwa sistem memiliki batas deteksi maksimal di bawah 7 Meter dan kesulitan mendeteksi objek yang sangat dekat dengan kamera.

3) Validasi gerakan motor dalam mengikuti Objek

Pada tahap ini peneliti melakukan validasi gerakan motor pada robot mobile 4WD berbasis ESP32-CAM dalam tugas mengikuti objek. Validasi ini merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa sistem pengenalan dan pelacakan objek berfungsi secara efektif dan

motor dapat bereaksi sesuai dengan perintah navigasi yang diberikan, pada pembahasan ini peneliti menggunakan metode Eksperimen dan pengujian Berbasis Observasi yang merupakan pendekatan yang melibatkan pengaturan eksperimen untuk menguji hipotesis atau sistem, kemudian melakukan pengamatan langsung terhadap hasil dan perilaku sistem tersebut. Dalam konteks validasi gerakan motor pada robot mobile 4WD berbasis ESP32-CAM, metode ini digunakan untuk mengamati dan mengevaluasi bagaimana robot bereaksi terhadap perintah navigasi dalam mengikuti objek pengujian ini dilakukan didalam ruangan dengan pencahayaan yang cukup.

Berikut merupakan logika validasi gerakan mobile robot ketika objek terdeteksi



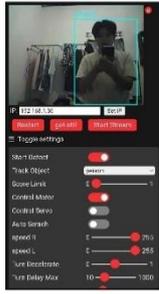
Gambar 6. *Flowchart* logika mobile robot following objek

Flowchart Gambar 6 menggambarkan proses validasi gerakan mobile robot yang mengikuti objek yang terdeteksi menggunakan ESP32-CAM dan model COCO-SSD. Proses dimulai dengan tahap "Deteksi Objek", di mana pengambilan gambar dilakukan melalui kamera ESP32-CAM dan deteksi objek dilakukan menggunakan model COCO-SSD. Setelah itu, tahap "Perhitungan Posisi" dilakukan untuk menghitung posisi relatif objek terhadap robot. Selanjutnya, arah gerak yang diinginkan oleh robot untuk mengikuti objek ditentukan dalam tahap "Penentuan Arah Gerak". Pada tahap tersebut mobile robot dapat bergerak maju, belok kanan, belok kiri berdasarkan hasil dari perhitungan posisi objek. Selama robot bergerak, posisi objek yang terdeteksi terus dipantau dalam tahap "Pemantauan Objek". Jika objek keluar dari pandangan kamera atau tidak terdeteksi, maka, mobile robot akan berhenti". Setelah itu, proses kembali ke tahap "Deteksi Objek" dan berulang. pemantauan kinerja dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa robot dapat mengikuti objek dengan stabil dan akurat. Proses ini berlanjut hingga mencapai titik "Selesai".

Pada "perhitungan posisi" yang dapat digunakan sebagai pusat maju, belok kanan, belok kiri. Maka, dilakukan lah suatu perhitungan posisi objek yang terdeteksi oleh kamera, pusat frame kamera digunakan sebagai referensi untuk menentukan arah gerak motor yang diperlukan agar tetap mengikuti objek yang terdeteksi, pada tahap ini saya menggunakan metode Visual Servoing yang merupakan teknik kontrol robot yang menggunakan umpan balik visual untuk mengarahkan gerakan robot berdasarkan informasi yang diperoleh dari kamera

Tabel 5 merupakan pengujian reaksi gerak motor ketika objek terdeteksi:

Tabel 5. Posisi Obyek

Gambar	Posisi Objek	Respon motor
	ditengah	Maju lurus
	Disebelah kanan	Belok kanan
	Disebelah kiri	Belok kiri

Berdasarkan Pada tabel diatas ukuran frame kamera yang digunakan adalah 320x240 piksel, dalam hal ini yang menentukan arah dan pergerakan yang harus dilakukan robot untuk mengikuti objek adalah hasil dari perhitungan pusat frame kamera dengan bounding box yang didapatkan dari deteksi objek. Dalam menyelesaikan masalah tersebut, peneliti menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut

$$X = x + \frac{\text{Lebar}}{2}$$

$$Y = y + \frac{\text{Tinggi}}{2}$$

Dalam hal ini kita harus menentukan terlebih dahulu nilai dari pusat frame kamera dalam hal ini, pusat frame kamera secara horizontal 160 dan pusat kamera secara vertikal 120. Nilai tersebut didapatkan ukuran atau resolusi kamera esp32cam yaitu lebar = 320 pixel dan tinggi 240 pixel. Oleh karena itu nilai dari horizontal didapat dari lebar 320 : 2 = 160, sedangkan vertikal didapatkan dari tinggi yaitu 240 : 2 = 120.

Oleh karena nilai dari pusat frame kamera telah didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan posisi yang mengacu gerak mobil robot. Berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan dalam pengujian ini:

Kasus 1:

Dik: bounding box koordinat : $x = 220, Y = 100$

Lebar bounding box : $L = 40$

Tinggi bounding box : $T = 40$

Dit: posisi objek tengah, kanan, kiri

Jwb:

$$X = 220 + \frac{40}{2} \quad 220 + 20 = 240$$

$$Y = 100 + \frac{40}{2} \quad 100 + 20 = 120$$

$X, y (240, 120)$, kita kurangi dengan lebar, tinggi pusat frame kamera $L, T (160, 120)$. Sebagai berikut:

$$\text{Sudut X} = 240 - 160 = 80$$

$$\text{Sudut Y} = 120 - 120 = 0$$

Simpulan kasus : berdasarkan nilai sudut X dan Y maka, objek berada di kanan. Oleh karena itu, mobile robot bergerak mengikuti objek ke arah kanan

Kasus 2 :

Dik : bounding box koordinat : $x = 60, Y = 100$

Lebar bounding box : $L = 40$

Tinggi bounding box : $T = 40$

Dit : posisi objek tengah, kanan, kiri

Jwb :

$$X = 60 + \frac{40}{2} \quad 60 + 20 = 80$$

$$Y = 100 + \frac{40}{2} \quad 100 + 20 = 120$$

$X, y (80, 120)$, kita kurangi dengan lebar, tinggi pusat frame kamera $L, T (160, 120)$. Sebagai berikut :

$$\text{Sudut X} = 80 - 160 = -80$$

$$\text{Sudut Y} = 120 - 120 = 0$$

Simpulan kasus : berdasarkan nilai sudut X dan Y maka, objek berada di kiri. Oleh karena itu, mobile robot bergerak mengikuti objek ke arah kiri

Kasus 3:

Dik : bounding box koordinat : $x = 140, Y = 100$

Lebar bounding box : $L = 40$

Tinggi bounding box : $T = 40$

Dit : posisi objek tengah, kanan, kiri

Jwb :

$$X = 140 + \frac{40}{2} \quad 140 + 20 = 160$$

$$Y = 100 + \frac{40}{2} \quad 100 + 20 = 120$$

X,y (240, 120), kita kurangi dengan lebar,tinggi pusat frame kamera L,T (160, 120). Sebagai berikut :

$$\text{Sudut X} = 160-160 = 0$$

$$\text{Sudut Y} = 120-120 = 0$$

Simpulan kasus: berdasarkan nilai sudut X dan Y maka, objek berada ditengah. Oleh karena itu, mobile robot bergerak mengikuti objek maju lurus karna objek berada ditengah.

5 Simpulan

Penggunaan ESP32-CAM sebagai kamera dan model COCO-SSD untuk deteksi objek telah terbukti memberikan hasil yang memuaskan dalam navigasi robot. ESP32-CAM mampu mengambil gambar dengan baik dalam berbagai kondisi pencahayaan, sementara model COCO-SSD secara efisien dapat mendeteksi objek dalam gambar yang diambil. Pengujian menunjukkan bahwa kombinasi kedua teknologi ini mampu menghasilkan deteksi objek yang akurat pada jarak sekitar 2-3 meter, dengan penurunan kinerja yang masih dapat diterima pada jarak 3,5-6 meter. Namun, batas deteksi maksimal terlihat di bawah 7 meter, dan pada jarak yang sangat dekat, objek mungkin tidak terdeteksi karena wujudnya tidak terlihat pada gambar. Oleh karena itu, untuk memastikan deteksi objek yang optimal, pengguna perlu memperhatikan kondisi pencahayaan di sekitar robot. Dengan demikian, integrasi antara ESP32-CAM dan model COCO-SSD telah terbukti dapat memberikan sistem navigasi yang efektif dalam berbagai kondisi lingkungan.

Daftar Referensi

- [1] A. Y. N. Asida and E. P. Saputro, "Kolaborasi Manusia Dan Sumber Daya Robotik Menuju Masa Depan Manufaktur Berkelanjutan Industri 5.0," *Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 1, pp. 2504–2516, 2024.
- [2] A.K. Panggabean, A. Syahfaridzah, & N.A. Ardiningsih, "Mendeteksi objek berdasarkan warna dengan segmentasi warna hsv menggunakan aplikasi matlab. METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi, vol. 4, no. 2, pp. 94-97, 2020.
- [3] M. Wada, "Studies on 4WD mobile robots climbing Up a step," in *2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2006*, Kunming, China, 2006, pp. 1529–1534. doi: 10.1109/ROBIO.2006.340156.
- [4] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.347.
- [5] T. Paryono, A. Fauzi, R. A. Nanda, S. Aripriyanto, and M. Khaerudin, "Detecting Vehicle Numbers Using Google Lens-Based ESP32CAM to Read Number Characters," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 22, no. 3, pp. 469–480, Jul. 2023, doi: 10.30812/matrik.v22i3.2818.
- [6] D. Setiawan, H. Jaya, S. Nurarif, T. Syahputra, and M. Syahril Syafnur, "Implementasi Esp32-Cam Dan Blynk Pada Wifi Door Lock System Menggunakan Teknik Duplex," *Journal of Science and Social Research*, vol. 5, no. 1, pp. 159–164, Feb. 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [7] V. Yevsieiev and O. Luchaninova, "Development of The Environmental Visualization System Based On ESP32-CAM," in *III International Scientific and Theoretical Conference «THEORY AND PRACTICE OF MODERN SCIENCE»*, vol. 1, Primedia eLaunch LLC, 2022, pp. 77–81. doi: 10.36074/scientia-01.04.2022.
- [8] A. Padigel, "Real Time Object Detection Using Deep Learning," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 10, no. 7, pp. 1251–1254, Jul. 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.45355.
- [9] A. Febryan and J. Teknik Elektro, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis Telegram Menggunakan ESP 32 CAM," *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, vol. 15, no. 1, pp. 64–71, Feb. 2023.

-
- [10] F. Kaharsyah, Purwanto, Imelda, and Subandi, "Rancang Bangun Robot Pemadam Kebakaran Otomatis Dengan Smartphone Menggunakan ESP32CAM," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, vol. 2, no. 1, Jakarta, 2023, pp. 416–424.
- [11] B. Fandidarma, R. Dwi Laksono, and K. W. B. Pamungkas, "Rancang Bangun Mobil Remote Control Pemantau Area berbasis IoT menggunakan ESP 32 Cam," *Jurnal ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, Sep. 2021.
- [12] Y. Hermawan and A. Ridho'i, "Rancang Bangun Kamera Portabel Pemantau Ruang Brankas Berbasis IoT menggunakan ESP-32 Camera," *Jurnal UNTAG (TEKNIKA)*, vol. 1, no. 1, pp. 324–41, Jul. 2023, Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/teknika/article/view/8887>
- [13] I. P. S. Yoga, G. Sukadarmika, R. S. Hartati, and Y. Divayana, "Pendeteksi Jumlah Orang pada Sistem Bangunan Pintar Menggunakan Algoritma You Only Look Once," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 11–18, Jun. 2023, doi: 10.24843/MITE.
- [14] P. R. Aningtyas, A. Sumin, and S. Wirawan, "Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra - Terlatih," *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 19, no. 3, pp. 421–430, Sep. 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.3.68.
- [15] D. A. Prabowo, D. Abdullah, and A. Manik, "Deteksi Dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking," *Jurnal Pseudocode*, vol. 5, no. 2, pp. 85–91, Sep. 2018, [Online]. Available: www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode