



Development of an IoT-Based Autonomous Book Retrieval Robot through Integration of QR Code Identification and Line Follower Navigation

Pengembangan Robot Pengambil Buku Otonom Berbasis IoT melalui Integrasi Identifikasi QR Code dan Navigasi Line Follower

Arif Wijaya¹, Herlambang Saputra², Slamet Widodo³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

E-Mail: arifw5531@gmail.com¹, herlambang@polsri.ac.id², slametwidodo@polsri.ac.id³

Makalah: Diterima 20 Januari 2026; Diperbaiki 20 Februari 2026; Disetujui 20 Maret 2026
Corresponding Author: Arif Wijaya

Abstrak

Perpustakaan Jurusan Teknik Komputer masih menerapkan sistem pengambilan buku secara manual, sehingga kurang efisien dalam proses pencarian dan pengambilan referensi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan robot pengambil buku otonom berbasis Internet of Things (IoT) melalui integrasi identifikasi QR Code dan navigasi line follower. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama dan ESP32-CAM sebagai modul pemindai QR Code, dengan navigasi berbasis line follower serta lengan robot berbasis servo untuk pengambilan buku. Perintah dikirim melalui dashboard web dan diteruskan ke robot melalui jaringan WiFi menggunakan protokol HTTP. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mengikuti jalur dengan stabil, mendeteksi QR Code secara akurat, serta mengeksekusi pengambilan buku secara otomatis sesuai perintah. Waktu respons sistem berkisar antara 1–3 detik, sedangkan waktu pengambilan buku berada pada rentang 1 menit 3 detik hingga 1 menit 14 detik. Namun, performa sistem dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, kejelasan jalur, serta kapasitas beban lengan robot. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sistem identifikasi, navigasi, dan aktuator dalam satu platform mampu meningkatkan efisiensi dibandingkan metode manual serta memberikan solusi praktis untuk otomasi pengelolaan buku di lingkungan akademik.

Keyword: robot pengambil buku, ESP32, ESP32-CAM, line follower, IoT, QR Code, otomasi perpustakaan

Abstract

The Computer Engineering Department Library still relies on a manual book retrieval system, which reduces efficiency in searching and retrieving references. This study aims to develop an IoT-based autonomous book retrieval robot through the integration of QR code identification and line follower navigation. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the main controller and an ESP32-CAM module for QR code detection, with line follower-based navigation and a servo-based robotic arm for book retrieval. Commands are sent through a web-based dashboard and transmitted to the robot via WiFi using the HTTP protocol. Experimental results show that the robot is able to follow predefined paths stably, accurately detect QR codes, and execute book retrieval tasks automatically. The system response time ranges from 1–3 seconds, while the book retrieval time ranges from 1 minute 3 seconds to 1 minute 14 seconds. However, system performance is influenced by environmental factors such as lighting conditions, line clarity, and load capacity of the robotic arm. This study demonstrates that the integration of identification, navigation, and actuation systems into a single platform can improve efficiency compared to manual methods and provide a practical solution for library automation in academic environments.

Keyword: book retrieval robot, ESP32, ESP32-CAM, line follower, IoT, QR Code, library automation.

1. PENDAHULUAN

Jurusan Teknik Komputer merupakan salah satu program studi yang aktif mengembangkan inovasi berbasis teknologi, khususnya dalam bidang robotika, Internet of Things (IoT), dan sistem otomasi. Di lingkungan jurusan tersedia berbagai referensi fisik seperti buku teks dan laporan akhir mahasiswa yang disimpan di perpustakaan. Namun, proses pencarian dan pengambilan buku masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomatis yang mampu membantu proses pencarian dan pengambilan buku secara mandiri.

Perkembangan teknologi robotika dan otomasi telah banyak diterapkan pada berbagai bidang pendidikan maupun industri. Salah satu penerapan robotika dalam media pembelajaran dilakukan menggunakan sistem

pemrograman berbasis flowchart pada robot Fischertechnik Robopro yang menunjukkan bahwa sistem robot dapat dikendalikan secara terstruktur dan otomatis [1]. Selain itu, pengembangan robot line follower berbasis ESP32 juga telah diterapkan pada sistem pengantaran barang otomatis dan menunjukkan kemampuan navigasi yang cukup baik pada lintasan tertentu [2].

Pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dalam sistem berbasis IoT terus berkembang karena memiliki fitur komunikasi WiFi terintegrasi dan kemampuan pemrosesan yang cukup baik. ESP32 telah digunakan pada sistem otomasi hidroponik [3], sistem monitoring berbasis IoT [4], serta berbagai sistem kontrol otomatis lainnya. Dalam bidang identifikasi objek, teknologi QR Code menjadi salah satu metode yang efektif karena mampu menyimpan informasi dan mendukung proses identifikasi secara cepat dan akurat.

Pada pengembangan robot bergerak, penggunaan roda mecanum memberikan kemampuan pergerakan holonomic yang lebih fleksibel dibandingkan roda konvensional. Penelitian mengenai desain robot berbasis roda mecanum dengan arm manipulator telah dilakukan untuk meningkatkan fleksibilitas pergerakan robot [5]. Selain itu, implementasi kinematika trajectory pada robot mecanum juga dikembangkan untuk meningkatkan akurasi navigasi dan kestabilan gerak robot [6].

Sistem robot bergerak membutuhkan sumber daya dan aktuator yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Penggunaan baterai lithium 18650 sebagai sumber daya robot telah diteliti dan menunjukkan kemampuan penyimpanan energi yang cukup baik untuk sistem elektronik portable [7]. Pada sisi identifikasi objek, penggunaan ESP32-CAM untuk sistem pendeteksian QR Code di lingkungan perpustakaan juga telah diterapkan dan menunjukkan tingkat akurasi yang baik dalam proses identifikasi [8].

Dalam sistem navigasi otomatis, robot line follower menjadi salah satu metode navigasi yang sederhana namun efektif. Penelitian mengenai implementasi algoritma Q-Learning pada robot line follower menunjukkan bahwa sistem navigasi robot dapat dikembangkan menjadi lebih adaptif [9]. Selain itu, robot line follower juga telah diterapkan pada sistem pemindah barang otomatis berbasis mikrokontroler [10].

Pengembangan sistem robot perpustakaan otomatis juga telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian oleh Narayanasamy Venkata Ramanan and K. Manoj Senthil mengembangkan sistem autonomous robot untuk proses pengambilan dan pengembalian buku perpustakaan secara otomatis [11]. Teknologi QR Code berbasis ESP32 juga telah diterapkan pada sistem otomasi dan identifikasi data untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan informasi [12].

Selain kemampuan navigasi, robot pengambil buku juga membutuhkan kemampuan mendeteksi jalur dan menghindari hambatan. Penelitian mengenai line follower dan obstacle detection robot menunjukkan bahwa kombinasi navigasi dan sensor deteksi objek mampu meningkatkan kemampuan robot bergerak secara otomatis [13]. Pada mekanisme pengambilan objek, penggunaan servo MG996R banyak diterapkan karena memiliki kemampuan gerak yang stabil dan presisi pada sistem robotik [14].

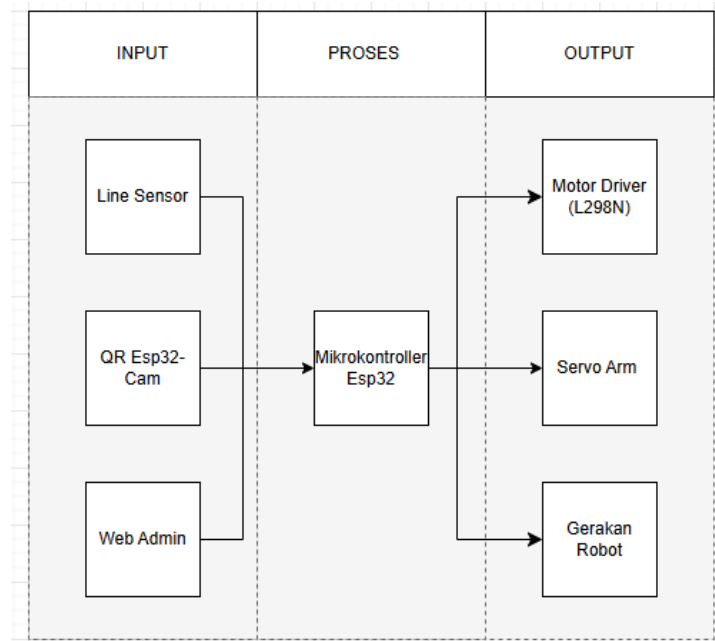
Salah satu penelitian yang berkaitan langsung dengan robot pengambil buku adalah "IoT Book Bot: Automated Library Book Retrieval System" yang mengembangkan sistem robot pengambil buku berbasis IoT menggunakan kontrol berbasis web [15]. Penelitian lain mengenai "IoT Book Bot" juga menunjukkan bahwa integrasi sistem navigasi, identifikasi objek, dan komunikasi IoT mampu meningkatkan efisiensi proses pengambilan buku otomatis di perpustakaan [16].

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan robot pengambil buku otonom berbasis IoT melalui integrasi identifikasi QR Code dan navigasi line follower menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama dan ESP32-CAM sebagai modul identifikasi. Sistem juga dilengkapi dengan roda mecanum untuk mobilitas robot dan lengan robot berbasis servo untuk proses pengambilan buku otomatis. Dengan integrasi tersebut, sistem diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pencarian dan pengambilan buku dibandingkan metode manual.

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Blok Diagram

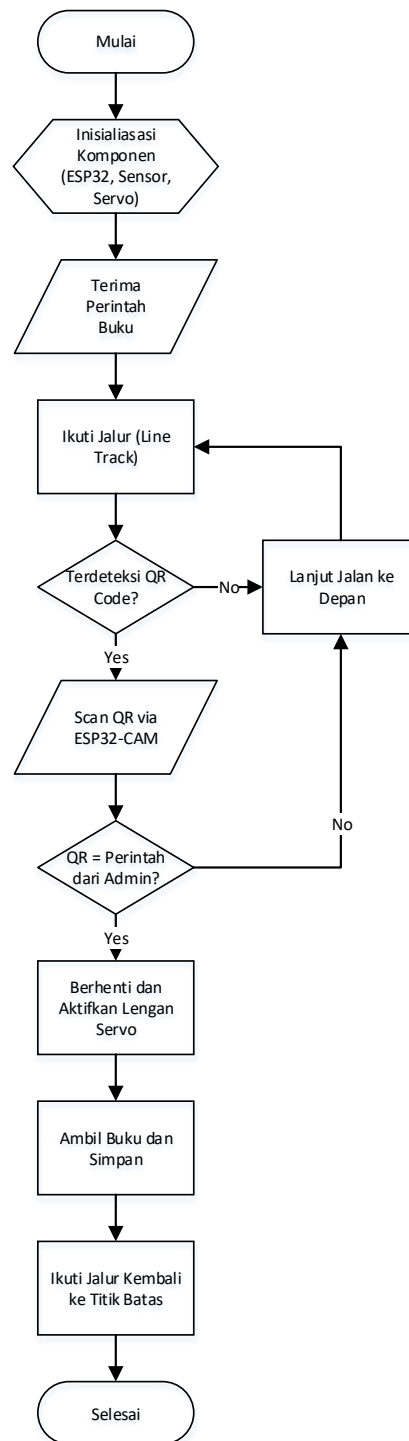
Desain sistem menggambarkan hubungan antar komponen dalam proses kerja robot, yang direpresentasikan melalui diagram blok alur data dan kontrol. Sistem terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, pemrosesan, dan output. Bagian input meliputi sensor line follower dan modul ESP32-CAM yang berfungsi menerima data dari lingkungan, sedangkan bagian pemrosesan dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Selanjutnya, bagian output terdiri dari motor DC sebagai penggerak robot dan servo sebagai aktuator lengan yang digunakan untuk mengambil buku.



Gambar 1. Blok Diagram

2.2 Flowchart

Flowchart sistem menunjukkan alur kerja robot pengambil buku otomatis, mulai dari inialisasi hingga proses pengambilan buku dan kembali ke titik akhir. Diagram ini merepresentasikan tahapan proses yang dikendalikan oleh sensor dan logika mikrokontroler, termasuk proses navigasi mengikuti jalur, pendeteksian QR Code, serta pengambilan keputusan untuk mengeksekusi atau melanjutkan pencarian berdasarkan kesesuaian data. Proses berulang dilakukan hingga QR Code yang sesuai ditemukan, kemudian robot mengeksekusi pengambilan buku.



Gambar 2. Flowchart

2.3 Arsitektur Sistem IoT dan Protokol Komunikasi

Sistem IoT pada penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu perangkat (device), jaringan komunikasi, dan aplikasi pengguna. Pada sisi perangkat, robot menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor line follower, modul ESP32-CAM, serta aktuator berupa motor DC dan servo. Pada sisi jaringan, komunikasi dilakukan melalui koneksi WiFi yang menghubungkan ESP32 dengan server berbasis web. Data hasil pemindaian QR Code serta status robot dikirimkan ke server, sementara perintah pengambilan buku dikirim dari pengguna ke robot melalui jaringan yang sama.

Pada sisi aplikasi, pengguna mengakses sistem melalui dashboard berbasis web untuk memberikan perintah pengambilan buku. Perintah tersebut kemudian diproses oleh server dan diteruskan ke ESP32 untuk dieksekusi oleh robot.

Komunikasi antara robot dan server menggunakan protokol HTTP dalam bentuk request dan response. ESP32 mengirimkan data ke server menggunakan metode HTTP request dan menerima perintah sebagai response dari

server. Protokol HTTP dipilih karena kemudahan implementasi serta kompatibilitas dengan sistem berbasis web.

2.4 Daftar Komponen

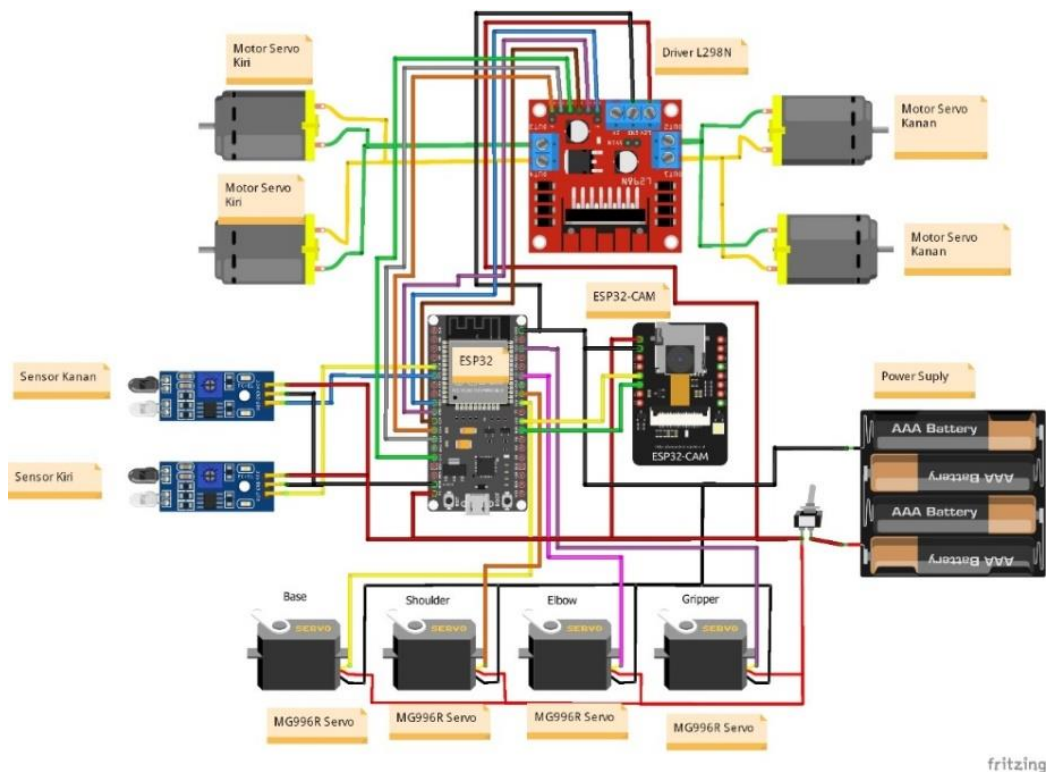
Sistem terdiri dari ESP32 sebagai pengendali utama, ESP32-CAM untuk pemindaian QR Code, sensor line follower sebagai navigasi, driver motor L298N dan motor DC sebagai penggerak, servo MG996R sebagai aktuator lengan, serta baterai 18650 dengan modul step-down sebagai sumber daya.

Tabel 1. Daftar Komponen

NO	NAMA KOMPONEN	JUMLAH
1	ESP32	1
2	Bracket Mg996r	Secukupnya
3	Servo Mg996r	4
4	Jumper	Secukupnya
5	Ir Obstacle Avoidance Sensor Module	3
6	ESP32-CAM	1
7	Robot Mecanum Chasis	1
8	Gripper Aluminium	1
9	Mecanum Wheel	4
10	Bracket Mg996r	Secukupnya

2.5 Skema Rangkaian Keseluruhan

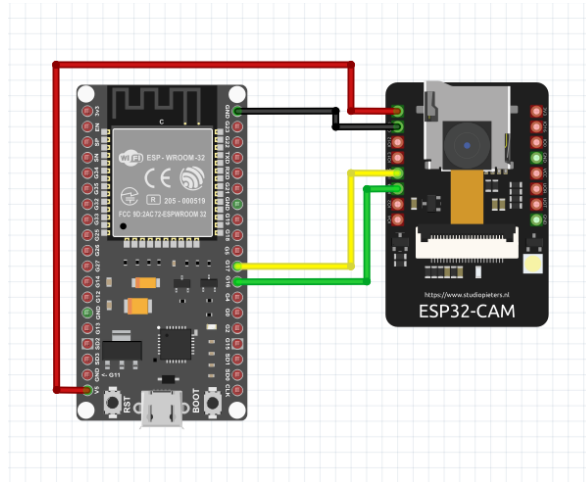
Skema rangkaian menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem robot, dengan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung ke driver motor L298N untuk menggerakkan motor DC, sensor line follower sebagai navigasi, serta ESP32-CAM untuk pemindaian QR Code melalui jaringan WiFi. Aktuator lengan berupa servo MG996R dikendalikan melalui sinyal PWM dari ESP32, sementara seluruh sistem disuplai oleh baterai 18650 melalui modul step-down. Berikut merupakan skema rangkaian keseluruhan alat untuk robot pengambil buku dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Skema Rangkaian Keseluruhan.

2.6 Skema Rangkaian Kamera ESP-CAM

Skema rangkaian kamera ESP-CAM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Rangkaian ESP-CAM.

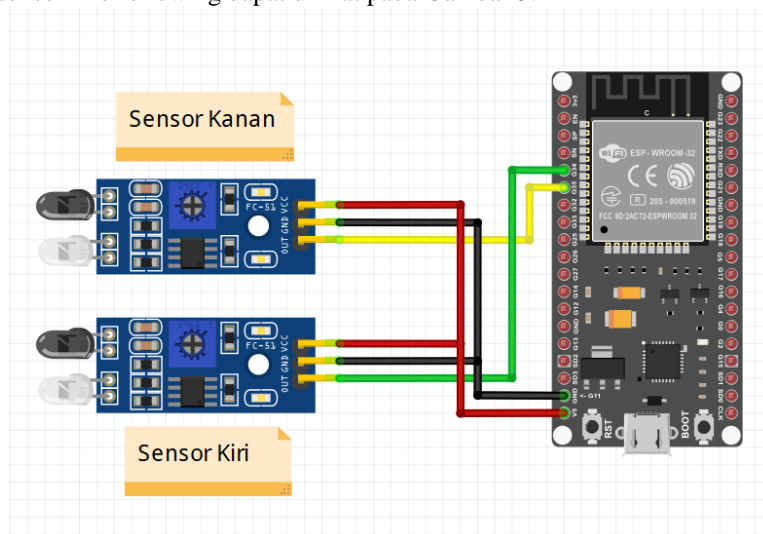
Berikut tabel koneksi penghubung rangkaian kamera ESP-CAM.

Tabel 2. Koneksi ESP32 dan ESP-CAM.

Pin ESP-CAM	Pin ESP32
14	16
15	17
GND	GND
VCC	VCC

2.7 Skema Rangkaian Sensor Line Following

Skema rangkaian sensor line following dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Sensor Line Following

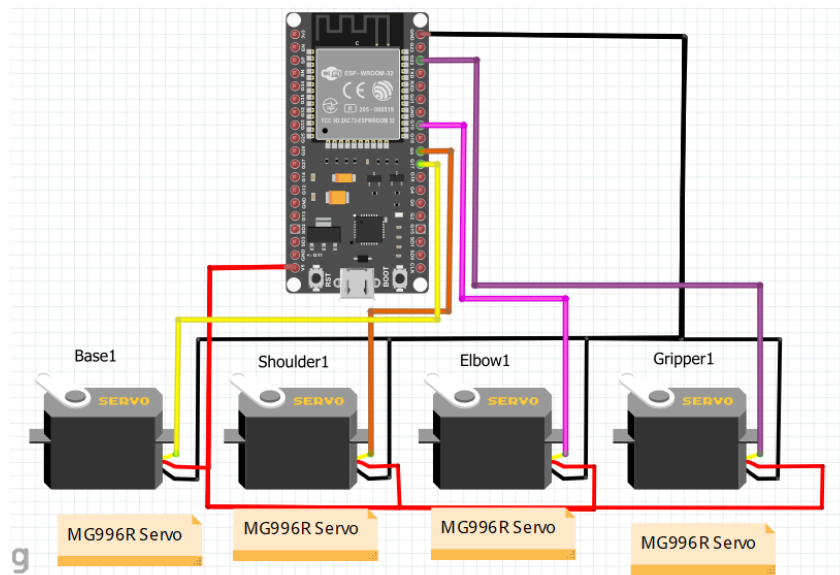
Berikut tabel koneksi penghubung rangkaian sensor line following.

Tabel 3. Koneksi Sensor Line Following.

Pin Sensor Line	Pin ESP32
Sensor Kiri OUT	34
Sensor Kanan OUT	35
GND	GND
VCC	VCC

2.8 Skema Rangkaian Lengan Robot

Skema rangkaian lengan robot dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Rangkaian Lengan Robot.

Berikut tabel koneksi penghubung rangkaian lengan robot.

Tabel 4. Koneksi Lengan Robot.

Pin Lengan Robot	Pin ESP32
Base	17
Shoulder	05
Elbow	19
Gripper	22
GND	GND
VCC	VCC

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kamera ESP-CAM

Pengujian kamera ESP32-CAM menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi QR Code secara akurat pada berbagai jarak dan kondisi pencahayaan. Data hasil pemindaian dikirim ke ESP32 untuk memicu proses pengambilan buku sesuai perintah. Kinerja kamera tetap stabil meskipun terjadi sedikit penurunan kecepatan pada pencahayaan rendah.

Tabel 5. Pengujian Kamera

Percobaan	Jarak (cm)	Hasil	
		Waktu Scan	Deteksi
1	9 cm	4 detik	Berhasil
2	10 cm	4 detik	Berhasil
3	11 cm	5 detik	Berhasil
4	12 cm	5 detik	Berhasil
5	13 cm	6 detik	Berhasil
6	14 cm	7 detik	Berhasil

3.2 Pengujian Line Follower

Pengujian sensor line follower menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perbedaan garis hitam dan permukaan putih dengan akurat. Sensor menghasilkan respon yang sesuai terhadap posisi garis, sehingga robot dapat bergerak lurus, berbelok, atau berhenti secara stabil sesuai logika kendali.

3.3 Pengujian Lengan Robot

Pengujian lengan robot menunjukkan bahwa sistem mampu mengambil buku secara otomatis ketika QR Code yang terdeteksi sesuai dengan perintah. Pergerakan servo berjalan terkoordinasi sehingga proses pengambilan dapat dilakukan dengan baik. Berdasarkan pengujian beban, lengan robot mampu mengangkat hingga ± 1500 gram secara stabil, namun kinerja mulai menurun pada beban yang lebih tinggi.

Tabel 6. Beban Buku

Berat (gram)	Hasil
1000	Berhasil
1500	Berhasil
2000	Kurang berhasil
2500	Tidak Berhasil

3.4 Pengujian Pengambilan Buku

Pengujian pengambilan buku dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengeksekusi proses pengambilan buku secara otomatis berdasarkan perintah yang diberikan melalui dashboard. Proses ini melibatkan koordinasi antara sistem identifikasi QR Code, navigasi robot, serta mekanisme lengan robot berbasis servo.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mengeksekusi gerakan lengan secara otomatis setelah QR Code yang terdeteksi sesuai dengan perintah. Lengan servo (base, shoulder, elbow, dan gripper) bergerak secara terkoordinasi untuk menjangkau, menjepit, dan mengangkat buku. Sistem juga mampu bekerja secara konsisten pada beberapa posisi buku di rak.

Tahapan proses pengambilan buku oleh robot ditunjukkan pada Gambar 7 hingga Gambar 9. Gambar 7 menunjukkan posisi awal lengan robot sebelum melakukan pengambilan, Gambar 8 memperlihatkan proses penjepitan buku, dan Gambar 9 menunjukkan proses pengangkatan serta pemindahan buku oleh robot.



Gambar 7. Posisi awal lengan robot sebelum proses pengambilan buku



Gambar 8. Proses penjepitan buku oleh lengan robot



Gambar 9. Proses pengangkatan dan pemindahan buku oleh robot

Berdasarkan rangkaian proses tersebut, lengan robot mampu melakukan pengambilan buku secara bertahap sesuai dengan urutan gerakan yang telah dirancang. Hasil pengujian pengambilan buku ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Pengambilan Buku

Kasus Pengujian	Judul Buku (dengan QR Code)	Keterangan	
		Berhasil/Tidak	Waktu
Urutan Pengambilan Buku ke-1	Buku A	Berhasil	1 menit 3 detik
	Buku B	Tidak	-
	Buku C	Tidak	-
Urutan Pengambilan Buku ke-2	Buku B	Berhasil	1 menit 7 detik
	Buku A	Tidak	-
	Buku C	Tidak	-
Urutan Pengambilan Buku ke-3	Buku C	Berhasil	1 menit 14 detik
	Buku B	Tidak	-
	Buku A	Tidak	-

Berdasarkan Tabel 7, sistem robot menunjukkan kinerja yang baik dalam proses pengambilan buku. Robot hanya mengeksekusi pengambilan ketika QR Code yang terdeteksi sesuai dengan perintah, sedangkan objek dengan QR Code yang tidak sesuai tidak diproses. Hal ini menunjukkan bahwa sistem seleksi berbasis QR Code berjalan dengan akurat dan mampu meminimalkan kesalahan pengambilan.

Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengambilan buku berkisar antara 1 menit 3 detik hingga 1 menit 14 detik. Waktu tersebut mencakup proses navigasi robot, deteksi QR Code, serta pergerakan lengan robot. Variasi waktu dipengaruhi oleh posisi buku serta kondisi jalur yang dilalui robot. Secara keseluruhan, sistem menunjukkan kinerja yang konsisten sesuai dengan logika kendali yang telah dirancang.

3.5 Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem robot pengambil buku otomatis mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Sistem identifikasi menggunakan ESP32-CAM menunjukkan kinerja yang baik dalam membaca QR Code pada jarak operasional tertentu, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, performa pemindaian dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, di mana pada kondisi redup terjadi peningkatan waktu deteksi.

Pada sistem navigasi, penggunaan sensor line follower terbukti efektif dalam menjaga pergerakan robot tetap berada pada jalur yang telah ditentukan. Robot mampu bergerak lurus, berbelok, dan berhenti sesuai dengan logika kendali. Meskipun demikian, metode ini memiliki keterbatasan dalam fleksibilitas jalur dibandingkan dengan metode navigasi berbasis visi atau SLAM, yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Mekanisme lengan robot menunjukkan kinerja yang baik dalam proses pengambilan buku. Servo base, shoulder, elbow, dan gripper mampu bergerak secara terkoordinasi untuk menjangkau, menjepit, dan mengangkat buku secara stabil. Namun, performa lengan robot dipengaruhi oleh beban yang diangkat, di mana pada beban di atas kapasitas optimal terjadi penurunan kestabilan gerakan.

Dari sisi komunikasi sistem, penggunaan protokol HTTP melalui jaringan WiFi menghasilkan waktu respons (latency) berkisar antara 1–3 detik dari pengiriman perintah hingga eksekusi oleh robot. Nilai ini masih dapat diterima untuk sistem otomasi skala kecil, namun relatif lebih tinggi dibandingkan protokol komunikasi ringan seperti MQTT. Kondisi jaringan juga berpengaruh terhadap kestabilan respons sistem.

Dibandingkan dengan sistem manual, pendekatan yang diusulkan mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pencarian dan pengambilan buku, serta mengurangi potensi kesalahan akibat faktor manusia. Selain itu, integrasi antara sistem identifikasi QR Code, navigasi line follower, dan mekanisme lengan robot dalam satu sistem memberikan keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada satu aspek tertentu.

Meskipun sistem telah bekerja dengan baik, terdapat beberapa kondisi kegagalan yang ditemukan selama pengujian. Pada kondisi pencahayaan rendah, proses pemindaian QR Code mengalami keterlambatan. Gangguan pada jalur garis dapat menyebabkan robot keluar dari lintasan, sedangkan beban buku yang melebihi kapasitas menyebabkan lengan robot tidak mampu mengangkat buku secara stabil. Selain itu, latency komunikasi juga dapat menyebabkan keterlambatan dalam eksekusi perintah pada kondisi jaringan yang kurang stabil.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan integrasi yang baik antar komponen dan mampu memberikan solusi yang lebih efisien dibandingkan metode manual. Namun, masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan sistem, terutama dalam menghadapi variasi kondisi lingkungan dan meningkatkan performa komunikasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem robot pengambil buku otomatis berbasis Internet of Things (IoT), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem identifikasi menggunakan ESP32-CAM mampu mendeteksi QR Code pada jarak operasional 9–14 cm dengan waktu pemindaian sekitar 4–7 detik tanpa kesalahan yang signifikan selama pengujian.
2. Sistem navigasi berbasis sensor line follower mampu mendeteksi jalur dengan baik sehingga robot dapat bergerak lurus, berbelok, dan berhenti sesuai dengan logika kendali yang telah diprogram.
3. Lengan robot berbasis servo (base, shoulder, elbow, dan gripper) mampu melakukan proses pengambilan buku secara otomatis dan terkoordinasi ketika QR Code sesuai dengan perintah, serta tidak aktif saat data tidak sesuai sehingga dapat mengurangi kesalahan pengambilan.
4. Sensor avoider mampu mendeteksi objek pada jarak efektif 5–9 cm sehingga robot dapat berhenti secara otomatis pada titik yang telah ditentukan.
5. Berdasarkan pengujian beban, lengan robot mampu mengangkat buku hingga ± 1500 gram secara stabil, namun mengalami penurunan kinerja pada beban yang lebih besar.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan bahwa integrasi identifikasi QR Code, navigasi line follower, dan mekanisme aktuator dalam satu platform berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi proses pengambilan buku dibandingkan metode manual. Meskipun demikian, performa sistem masih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan keterbatasan mekanik, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan dan fleksibilitas sistem.

REFERENSI

- [1] Ahmad Sabril, “Pemrograman Robot Berbasis Flowchart dengan Media Fischertechnik Robopro,” *Micronic: Journal of Multidisciplinary Electrical and Electronics Engineering*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [2] Aldi Putra and Nabila Risma, “Perancangan Robot Line Follower Berbasis ESP32 untuk Pengantaran Makanan,” *Journal of Applied System and Energy Science (JASENS)*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [3] Andika Eka Pratama, Muhammad Hurairah, and Eliza, “Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Mikrokontroler ESP32,” *Jurnal Surya Energy*, vol. 9, no. 1, 2024.
- [4] Anggiat Mora Simamora, Asep Denih, and Mohamad Iqbal Suriansyah, “Indoor Air Quality Detection Robot Model Based on the Internet of Things (IoT),” *arXiv preprint arXiv:2505.19600*, 2025.
- [5] Bima Bintang Murti, Tri Sarwono, Eko Apriaskar, and Fahmizal, “Desain Robot Holonomic Berbasis Roda Mecanum dengan Arm Manipulator,” *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 16, no. 3, 2021.

- [6] Fahmizal, Agus Priyatmoko, and Ahmad Mayub, "Implementasi Kinematika Trajectory Lingkaran pada Robot Roda Mecanum," *Journal of Electrical Technology and Information Engineering (JULIET)*, vol. 3, no. 1, 2023.
- [7] Fajar Fitriyono, Gilang Hendra Saputra, and Andi Ancolo, "Studi Pemanfaatan Baterai Lithium 18650 Bekas Sebagai Penyimpan Energi Listrik Untuk Penerangan," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [8] Indah Salamah, Mega Hesti, and Nur Oktavia, "Implementasi ESP32 CAM pada Sistem Identifikasi Pengunjung Perpustakaan Menggunakan QR Code," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 6, no. 2, 2023.
- [9] Indra Pramana and Andi Dwi Futra, "Implementasi Algoritma Q Learning Pada Robot Line Follower," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [10] Muhammad Arifin, "Sistem Perancangan Robot Pemindah Barang Berbasis Line Follower," *Jurnal Teknologi Informasi dan Robotik*, vol. 17, no. 1, 2022.
- [11] N. V. Ramanan and K. Manoj Senthil, "Library Management System to Issue and Retrieve Books from User Using Autonomous Robot," *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, vol. 2, no. 2, 2018.
- [12] Riyan Budi Santoso, Rini Puspita Astutik, and Dedy Irawan, "Rancang Bangun Smarthome Berbasis QR Code Dengan Mikrokontroler Module ESP32," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 47–60, 2021.
- [13] Rizky Arifin and Syed Muhammad Ali Rehman, "Design and Implementation of Line Follower and Obstacle Detection Robot," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 11, no. 1, pp. 160–168, 2020.
- [14] Rusdiyanto, Ibrahim, and Irwan Abdi, "Implementasi Motor Servo MG996R Sebagai Robot Pemegang Batang Nosel Pada Sprayer Elektrik Berbasis Arduino Mega2560," *Jurnal Elektronika dan Komputer (ELKOM)*, vol. 14, no. 1, pp. 162–170, 2021.
- [15] Soumyadeep Datta, Mohit Malik, and Rajesh Kumar Barik, "IoT Book Bot: Automated Library Book Retrieval System," *arXiv preprint arXiv:2209.01641*, 2022.
- [16] Souvik Datta, Mangolik Kundu, Ratnadeep Das Choudhury, and Sriramalakshmi Palanidoss, "IoT Book Bot," *arXiv preprint arXiv:2209.01641*, 2022.