

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan otomasi di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir, terutama di sektor industri, manufaktur, dan logistik. Kemajuan ini sejalan dengan tuntutan pasar yang menginginkan proses kerja yang semakin efisien, cepat, dan minim kesalahan[1]. Salah satu sektor yang memiliki peranan krusial dalam rantai pasok industri adalah pergudangan, yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan distribusi barang sebelum dikirim ke tujuan akhir. Aktivitas di dalam gudang, khususnya pemindahan barang dari satu titik ke titik lain, pada umumnya masih mengandalkan Trolley manual yang dioperasikan oleh tenaga manusia. Meskipun metode ini telah digunakan selama bertahun-tahun, cara tersebut memiliki berbagai kelemahan, di antaranya keterbatasan kapasitas kerja manusia, tingginya tingkat kelelahan fisik, rendahnya produktivitas, dan tingginya risiko kesalahan selama proses distribusi[2].

Penggunaan Trolley manual menuntut tenaga dan waktu yang cukup besar, terlebih jika barang yang diangkut memiliki bobot berat dan jumlah yang banyak. Faktor kelelahan operator sering kali berdampak pada berkurangnya kecepatan kerja dan meningkatnya risiko terjadinya kesalahan navigasi, tabrakan, atau bahkan kerusakan barang[2]. Keterbatasan ini akan semakin terasa pada gudang dengan luas area yang besar dan aktivitas distribusi yang padat. Apabila dibiarkan, kondisi tersebut dapat menurunkan produktivitas operasional sekaligus meningkatkan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi berbasis otomatisasi yang mampu menggantikan peran Trolley manual dalam kegiatan logistik internal gudang, sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja, mengurangi beban fisik tenaga manusia, serta meminimalkan risiko kesalahan selama proses pemindahan barang.

Salah satu inovasi yang dapat menjawab permasalahan tersebut adalah pengembangan *Automated Logistic Trolley* (ALT) atau Troli Logistik Otomatis. ALT merupakan Trolley otomatis yang dilengkapi dengan sistem navigasi dan

pengendalian berbasis mikrokontroler sehingga dapat bergerak secara mandiri mengikuti jalur tertentu tanpa memerlukan kendali langsung dari operator [3]. Teknologi navigasi yang umum digunakan dalam sistem ini adalah *line follower*, yaitu sistem berbasis sensor yang mampu mendeteksi dan mengikuti garis pada permukaan lantai. Garis ini biasanya berupa warna hitam di atas latar putih atau sebaliknya. Keunggulan teknologi *line follower* adalah kemudahannya dalam diimplementasikan, biayanya yang relatif rendah dibandingkan teknologi navigasi canggih lainnya, serta kesesuaiannya untuk jalur distribusi tetap yang telah terstruktur di dalam gudang. Dengan sistem ini, pergerakan trolley menjadi lebih terarah dan terkontrol sehingga potensi terjadinya kesalahan navigasi dapat ditekan.

Dalam penerapannya, ALT berbasis *line follower* memanfaatkan sensor inframerah untuk membaca jalur yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan keamanan selama beroperasi, sistem dapat dilengkapi dengan sensor *ultrasonic* yang mampu mendeteksi keberadaan hambatan di sepanjang jalur. Apabila sensor mendeteksi adanya objek yang menghalangi, trolley dapat secara otomatis berhenti atau mengubah arah sesuai algoritma pengendalian yang telah diprogram. Kombinasi antara teknologi *line follower* dan sensor *ultrasonic* ini memungkinkan trolley untuk bergerak dengan aman, presisi, dan dapat diandalkan meskipun beroperasi di lingkungan gudang yang padat aktivitas.

Pada penelitian ini, sistem ALT dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Modul ESP32 memiliki kelebihan prosesor yang cukup cepat, kapasitas memori yang memadai, serta fitur konektivitas Wi-Fi terintegrasi. Keunggulan ini memungkinkan ESP32 tidak hanya menjalankan fungsi pengendalian trolley, tetapi juga mendukung integrasi dengan sistem IoT [4]. Melalui konektivitas IoT, ALT dapat dipantau secara jarak jauh, memberikan fleksibilitas yang lebih besar kepada operator gudang dalam mengelola pergerakan Trolley tanpa harus berada di lokasi yang sama.

Salah satu bentuk implementasi IoT dalam penelitian ini adalah pemanfaatan aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengendalian. Telegram dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengembangkan *bot* yang dapat diprogram dengan mudah agar mampu mengirimkan status, serta memberikan notifikasi secara *real-time* kepada pengguna[5]. Selain itu, informasi terkait status operasional trolley, kondisi jalur, maupun peringatan hambatan juga dapat dikirimkan secara langsung

kepada pengguna. Hal ini memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang lebih tinggi, khususnya pada gudang berskala besar yang membutuhkan koordinasi cepat dan terintegrasi.

Selain mode otomatis dan monitoring jarak jauh, penelitian ini juga menambahkan konsep kontrol manual berbasis Bluetooth sebagai mode *override* sistem. Kontrol manual ini menggunakan perangkat Joystick nirkabel yang terhubung langsung dengan ESP32 melalui komunikasi Bluetooth. Mode ini berfungsi sebagai *alternatif* pengendalian ketika sistem otomatis mengalami gangguan, ketika trolley perlu dipindahkan ke posisi tertentu di luar jalur *line follower*, atau saat proses pengujian dan pemeliharaan sistem dilakukan. Dengan adanya kontrol manual, operator dapat mengendalikan arah dan kecepatan trolley secara *real-time*, sehingga meningkatkan *fleksibilitas* dan keandalan sistem secara keseluruhan. Integrasi antara mode otomatis, kontrol jarak jauh berbasis IoT, dan kontrol manual Bluetooth menjadikan sistem *automated trolley* lebih adaptif terhadap berbagai kondisi operasional di lingkungan gudang.

Integrasi teknologi *line follower*, sensor *ultrasonic*, ESP32, aplikasi Telegram, serta kontrol manual berbasis Bluetooth diharapkan mampu menjawab permasalahan yang dihadapi oleh sistem Trolley konvensional. Dengan sistem ini, proses pemindahan barang di gudang dapat dilakukan secara otomatis, aman, dan efisien, sekaligus menyediakan opsi kendali manual sebagai bentuk redundansi sistem. Keunggulan lain yang diperoleh adalah peningkatan produktivitas kerja, pengurangan beban fisik operator, efisiensi biaya operasional jangka panjang, serta penurunan risiko kesalahan distribusi barang. Selain itu, kemampuan pemantauan dan pengendalian jarak jauh memungkinkan pengelolaan logistik menjadi lebih fleksibel dan terkoordinasi dengan baik [5].

Dengan memanfaatkan data yang terkumpul dari operasi Trolley, perusahaan dapat mengoptimalkan alur distribusi internal, mengurangi pemborosan waktu, serta meningkatkan ketepatan pengiriman barang [6]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *automated trolley* berbasis *line follower* yang dilengkapi sensor *ultrasonic* untuk meningkatkan aspek keamanan, menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mendukung konektivitas internet, serta mengintegrasikannya dengan aplikasi Telegram sebagai antarmuka monitoring jarak jauh. Penelitian ini mencakup tahapan perancangan perangkat keras (*Hardware*), pemrograman

perangkat lunak (*Software*), integrasi sistem IoT, pengujian dalam lingkungan gudang simulasi, serta evaluasi performa sistem di berbagai kondisi operasional. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat menghasilkan sistem *automated trolley* yang siap diuji coba di lingkungan gudang skala kecil hingga menengah, sekaligus menyediakan dokumentasi teknis yang dapat digunakan sebagai acuan pengembangan lebih lanjut.

Inovasi ini tidak hanya relevan untuk industri besar, tetapi juga dapat diadaptasi oleh perusahaan skala menengah dan kecil yang ingin meningkatkan produktivitas tanpa harus melakukan investasi besar dalam infrastruktur pergudangan. Penerapan sistem *automated trolley* berbasis IoT dengan manual joystick sebagai cadangan menjadi langkah strategis untuk menjawab tantangan masa depan di bidang logistik dan otomasi, sekaligus menjadi bukti bahwa integrasi teknologi dapat memberikan dampak nyata dalam meningkatkan efisiensi operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada usulan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *automated trolley* berbasis *line follower* dengan sistem kendali manual joystick sebagai cadangan menggunakan ESP32 pada lingkungan pergudangan?
2. Bagaimana sistem konektivitas Wi-fi pada ESP32 untuk menghubungkan trolley dengan aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengguna jarak jauh?
3. Bagaimana implementasi kendali manual menggunakan joystick Bluetooth dan komunikasi IoT berbasis Telegram dalam pengoperasian ALT?
4. Bagaimana mengimplementasikan sistem kendali gerak *differential drive* pada *automated trolley* dalam kontrol motor?

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangatlah luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, supaya yang akan di dapat lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada:

1. Sistem navigasi robot dibatasi pada metode *line follower* menggunakan sensor *infrared* untuk mengikuti lintasan garis yang telah ditentukan pada lingkungan simulasi pergudangan.
2. Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan simulasi lintasan pergudangan dengan variasi kondisi tanpa beban dan berbeban tertentu, tanpa membahas implementasi langsung pada lingkungan industri nyata.
3. Penelitian tidak membahas sistem manajemen daya secara detail, hanya menggunakan sumber daya baterai sesuai dengan kebutuhan pengujian.
4. Sistem kendali dibatasi pada dua mode operasi utama, yaitu mode otomatis berbasis sensor dan mode manual menggunakan joystick Bluetooth, serta mekanisme perpindahan mode secara adaptif saat koneksi jaringan terganggu.

1.4 Tujuan Kegiatan

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun *automated trolley* yang dapat bergerak otomatis mengikuti jalur menggunakan sensor Inframerah (*Line Follower*).
2. Mengimplementasikan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendalian trolley.
3. Mengimplementasikan Kontrol Manual berbasis Joystick PS4 menggunakan Bluetooth dengan ESP32
4. Mengimplementasikan sistem kendali manual berbasis komunikasi nirkabel sebagai metode pengendalian alternatif untuk meningkatkan *fleksibilitas* dan keandalan operasional ALT.

1.5 Sistematik Pengerjaan

Ringkasan pembahasan bab-bab dalam laporan usulan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. **BAB I: Pendahuluan**

Pada bab ini menjelaskan latar belakang masalah yang melandasi dilaksananya penelitian, rumusan masalah, tujuan masalah, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

2. **BAB II: Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini memuat kajian teori dan literatur yang relevan dengan penelitian, seperti konsep dasar IoT, Mikrokontroler ESP32, *Software Arduino IDE*, Aplikasi Telegram, serta studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mendukung pengembangan *Automated Trolley* berbasis *Line Follower* dengan sistem kendali manual berbasis joystick ini.

3. **BAB III: Metodologi Penelitian**

Pada bab ini membahas metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, termasuk tahapan perancangan sistem, perancangan dan pengimplementasian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), serta metode pengujian yang dilakukan.

4. **BAB IV: Pengujian dan Analisis**

Pada bab ini berisi pengukuran dan pengujian ALT dan tahapan pengujian terhadap komponen dan sistem bekerja sesuai perancangan. Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras (*Hardware*) serta pengujian perangkat lunak (*Software*) berbasis Telegram menggunakan metode black-box.

5. **BAB V: Penutup**

Bab terakhir ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan lebih lanjut dimasa depan.