

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Revolusi industri telah mencapai tahap yang keempat atau biasa dikenal revolusi industri 4.0. Melalui revolusi ini, sektor industri mengalami transformasi besar, salah satunya ialah sektor penyimpanan barang atau gudang. Gudang dituntut mampu menyesuaikan jumlah persediaan barang dengan permintaan konsumen, penurunan waktu operasional, penurunan jumlah insiden, penurunan jumlah pencurian, dan meningkatkan produktivitas [1] [2]. Konsep gudang pintar muncul sebagai solusi, dimana gudang dapat beroperasi secara pintar dan otomatis dengan campur tangan manusia seminimal mungkin.

Menurut Jabbar dkk., gudang pintar merupakan gudang yang mampu beroperasi dengan tingkat efisiensi yang maksimal dan terintegrasi dengan berbagai teknologi yang canggih [3]. Teknologi yang diintegrasikan memungkinkan pengambilan, penyimpanan, dan pengantaran barang secara otomatis tanpa intervensi manusia [4]. Salah satu teknologi yang sering digunakan adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV). AGV merupakan kendaraan yang mampu melakukan navigasi dan mengerjakan tugasnya secara otomatis, biasanya digunakan untuk mengangkut barang di gudang.

Untuk melakukan navigasi, sebagian besar AGV menggunakan garis pita, magnet, atau rel pada lantai atau langit-langit area kerjanya. Meskipun metode ini efektif, metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti biaya instalasi yang tinggi dan kurangnya fleksibilitas untuk adaptasi dengan perubahan struktur area kerja. Hal ini menjadi tantangan bagi industri menengah ke bawah yang ingin mengadopsi teknologi AGV. Berdasarkan permasalahan tersebut, Cheong dkk. mengidentifikasi enam kebutuhan AGV, yaitu biaya rendah, kontrol jarak jauh, kompatibilitas dengan industri menengah, tanpa jalur penuntun atau rel, pemosisian yang presisi, dan latensi rendah [5].

Untuk memenuhi kebutuhan tanpa jalur penuntun atau rel dibutuhkan penerapan sistem navigasi yang menjawab tiga pertanyaan: “Dimana saya?”, “Kemana saya harus pergi?”, dan “Bagaimana caranya ke sana?” [6]. Pertanyaan “Dimana saya?” dan “Kemana saya harus pergi?” dapat dijawab dengan membangun model representasi lingkungan kerja. Model ini menyediakan peta atau gambaran dari lingkungan sekitar yang membantu AGV dalam mengenali tata letak dan posisi berbagai rintangan yang ada. Salah satu metode representasi yang umum digunakan adalah metode *grid* [7], dimana lingkungan dibagi menjadi sel-sel berukuran sama dengan informasi binari.

Bentuk sel paling umum digunakan adalah persegi, tetapi terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan berbagai keuntungan dari penggunaan sel berbentuk heksagon [8] [9]. Pada penelitian oleh Shao dkk. menunjukkan bahwa sel berbentuk heksagon dapat mengurangi waktu dan panjang rute serta meningkatkan keamanan pergerakan AGV [8]. Menurut Shao dkk., bentuk heksagon dinilai memiliki empat keuntungan dibandingkan bentuk persegi, yaitu jarak langkah yang sama ke setiap tetangganya, risiko tabrakan lebih rendah, besar sudut orientasi untuk menghindari rintangan lebih kecil, dan biaya jarak untuk memutar menghindari rintangan lebih pendek [8].

Untuk pertanyaan “Bagaimana caranya ke sana?” dapat dijawab dengan penerapan algoritma pencarian rute. Pencarian rute merupakan permasalahan geometri untuk mencari rute tanpa tabrakan dari posisi awal menuju posisi akhir [10]. Berbagai algoritma telah dikembangkan seperti *breadth-first search* (BFS) [11], *depth-first search* (DFS) [12], algoritma *ant colony optimization* [8], dan algoritma A* [13] [14]. Dari seluruh algoritma yang disebutkan di atas, algoritma A* merupakan metode pencarian rute heuristik dengan memperhitungkan biaya sebenarnya yang telah ditempuh dan perkiraan biaya yang akan ditempuh untuk mendapatkan rute teroptimal. Algoritma A* dikenal atas keefektifitasannya dalam mencari rute paling optimal dalam lingkungan yang statis [9].

Namun, penerapan sistem navigasi pada AGV dapat berdampak pada peningkatan kebutuhan kemampuan komputasi dan konsumsi daya. Hal ini akan bertentangan dengan kebutuhan biaya rendah dan kompatibilitas dengan industri menengah. Untuk mengatasi tantangan ini, penerapan konsep *Robot Control as a Service* pada AGV diajukan sebagai solusi [15]. Konsep ini memindahkan beban komputasi kompleks dari AGV ke perangkat komputasi eksternal melalui jaringan komunikasi, memungkinkan AGV untuk tetap ringan dalam kebutuhan komputasi. Penerapan konsep ini juga akan memenuhi kebutuhan kontrol jarak jauh dengan adanya koneksi jaringan komunikasi [14] [16].

Berdasarkan penjelasan studi literatur di atas terdapat dua permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini yaitu sistem navigasi di AGV dan penerapan konsep *Robot Control as a Service* di AGV. Hal ini menjadi latar belakang dari penelitian yang berjudul “Implementasi *Navigation Service* Untuk *Automated Guided Vehicle* Pada *Hexagonal Grid Workspace*” ini sebagai tawaran solusi tambahan atau alternatif dalam pengembangan AGV di *smart warehouse*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang *Navigation Service* untuk AGV dengan kemampuan

1. mampu bergerak dari titik awal menuju titik tujuan pada *hexagonal grid workspace* dan
2. mampu menerima perintah dari operator jarak jauh?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dan dirumuskan di atas, terdapat beberapa batasan tertentu dalam melaksanakan penelitian ini:

1. Skenario navigasi AGV hanya dibatasi pada pergerakan dari satu titik mulai ke satu titik tujuan sesuai permintaan pengguna.

Batasan ini diterapkan untuk memfokuskan pada kinerja algoritma dalam mencari rute dari satu titik ke titik tujuan tanpa kompleksitas tambahan dari navigasi *multipoint* atau titik tujuan yang dinamis.

2. Rintangan di sekitar AGV diasumsikan statis.

Mengasumsikan rintangan statis memungkinkan penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem navigasi tanpa perlu menangani perubahan dinamis dalam lingkungan yang membutuhkan penanganan khusus.

3. Jaringan komunikasi diasumsikan lancar.

Batasan ini diterapkan untuk memfokuskan pada aspek navigasi AGV tanpa perlu memperhitungkan gangguan atau latensi jaringan yang memerlukan analisis tambahan.

4. Titik tujuan AGV diasumsikan tidak ada rintangan.

Asumsi ini untuk memastikan bahwa AGV akan selalu dapat mencapai titik tujuan sehingga penelitian dapat berfokus pada aspek navigasi AGV.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dan dirumuskan, tujuan dari penelitian ini:

1. Membangun *Navigation Service* untuk AGV pada *hexagonal grid workspace*.
2. Mengembangkan Prototipe AGV yang dapat berkomunikasi dengan *Navigation Service*.

E. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mengetahui penelitian-penelitian terdahulu dan teori-teori terkait yang menjadi landasan dalam mengerjakan penelitian ini. Studi literatur dilakukan dengan membaca

buku, jurnal, dan literatur lainnya terkait sistem navigasi di *hexagonal grid workspace* dan penerapan jaringan komunikasi pada AGV.

2. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil studi literatur, dilakukan analisis mengenai kebutuhan sistem yang akan dibangun, baik kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan. Hasil dari analisis kebutuhan akan digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem.

3. Perancangan dan desain sistem

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dilakukan perancangan dan desain sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini akan menghasilkan diagram arsitektur sistem, diagram kelas, rangkaian elektronik, dan desain 3D Prototipe AGV.

4. Implementasi dan pengembangan prototipe

Tahap ini terdiri dari tiga sub tahapan, yaitu

a. Pengembangan *Navigation Service*

Tahapan ini melakukan implementasi berdasarkan hasil analisa dan rancangan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Hasil dari tahapan ini berupa *Navigation Service* yang dapat menerima permintaan dari klien, melakukan komputasi navigasi sesuai permintaan klien, dan mengirim data terkait ke AGV atau klien.

b. Pengembangan Prototipe AGV

Tahapan ini dimulai dengan pengujian setiap komponen elektronik untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik. Dilanjutkan dengan perakitan perangkat keras berdasarkan hasil perancangan dan desain sistem. Diakhiri dengan pengodean.

c. Integrasi sistem.

Setelah *Navigation Service* dan Prototipe AGV selesai dibangun, dilakukan integrasi dengan penambahan kode komunikasi pada Prototipe AGV.

5. Pengujian sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan sistem yang telah dibangun sudah sesuai dengan analisis kebutuhan yang telah dilakukan.

6. Evaluasi dan kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sistem dilakukan evaluasi dan dibuat kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan.

F. Sistematika Penulisan

Laporan ini terdiri dari enam bab yang dapat diuraikan sebagai berikut

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan ringkasan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini. Dalam pembahasannya, penelitian-penelitian terdahulu akan dibagi menjadi dua topik, yaitu pengembangan sistem navigasi di *hexagonal grid workspace* dan penerapan jaringan komunikasi pada AGV. Pada bagian akhir bab ini terdapat tabel perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian terdahulu.

BAB III LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan teori-teori yang terkait dengan penelitian yang dilakukan, yaitu AGV, *differential-drive*, *hexagonal grid workspace*, algoritma pencarian rute A*, BreezySLAM, dan Teori Stabilitas Lyapunov.

BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisikan analisis sistem, lingkup masalah, perspektif produk, fungsi produk, kebutuhan antarmuka, dan perancangan.

BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini berisikan implementasi sistem, pengujian perangkat keras Prototipe AGV, pengujian fungsionalitas *Navigation Service*, dan pengujian Prototipe AGV dengan *Navigation Service*.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

