

SKRIPSI
PERANCANGAN SISTEM NAVIGASI PADA *SERVICE ROBOT*
DALAM RUANGAN *INDOOR*



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

MUHAMMAD FAHREZA ALRIZKI

03041282025036

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN SISTEM NAVIGASI PADA *SERVICE ROBOT* DALAM
RUANGAN *INDOOR*



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh

MUHAMMAD FAHREZA ALRIZKI

NIM. 03041282025036

Palembang, Juli 2024

Menyetujui

Dosen Pembimbing

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T. M.Eng. Ph.D., IPU

NIP. 197708141999031005

Ir. Rendyansyah, S.Kom., M.T.

NIP. 198809222022031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fahreza Alrizki
NIM : 03041282025036
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 2%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Perancangan Sistem Navigasi Pada *Service Robot* Dalam Ruang *Indoor*” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, Juli 2024



Muhammad Fahreza Alrizki

NIM. 03041282025036

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencakupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama

: Ir. Rendyansyah, S.Kom.,M.T.

Tanggal

: 11/Juli/2024

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fahreza Alrizki
NIM : 03041282025036
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (**Non-exclusive Royalty-Free Right**) atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

**PERANCANGAN SISTEM NAVIGASI PADA *SERVICE ROBOT* DALAM
RUANGAN *INDOOR***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

**Dibuat di : Indralaya
Pada tanggal : Juli 2024**



**Muhammad Fahreza Alrizki
NIM. 03041282025036**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. serta shalawat dan salam, penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem navigasi Pada *Service Robot* Dalam Ruangan *Indoor*”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang tua saya yang selalu memberikan semangat serta mendukung baik secara mental, fisik, maupun finansial.
2. Bapak Ir. Rendyansyah, S.Kom.,M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan, memberikan ilmu dan masukan selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM, Ibu Dr. Ir. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S., IPM M, Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng., Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc., dan Bapak Irmawan, S.Si., IPM. sebagai dosen Teknik Kendali dan Robotika yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan serta memberikan bimbingan pada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Rekan seperjuangan Tim Servis Robot : Karim, Akmal, Iyan, Arif, dan Syauqi yang senantiasa bersemangat dalam mengerjakan tugas akhir

8. Teman-teman anggota klub robot sekaligus konsentrasi TKK yang telah kebersamai selama masa perkuliahan Firly, Ilham, Nandi, Furqon, Gatot, Irvin, Okta
9. Aacapa yang selalu memberi dukungan dan semangat pada penulis dalam mengerjakan tugas akhir dan penulisan skripsi
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik dukungan fisik maupun moril sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Didalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna untuk penulis dimasa yang akan datang.

Palembang, 11 Juli 2024



Muhammad Fahreza Alrizki
NIM. 03041282025036

ABSTRAK

Perancangan Sistem Navigasi Pada *Service Robot* Dalam Ruangan *Indoor*

(Muhammad Fahreza Alrizki, 03041282025036, 2024, 52 halaman)

Service Robot dapat menggantikan tenaga manusia dalam memberikan layanan kepada pelanggan. Dalam melaksanakan tugasnya, *service robot* memerlukan sistem navigasi otonom yang terdiri dari *mapping*, *self-localization*, dan *path planning*. Pada penelitian ini telah dirancang sistem navigasi pada *service robot* yang menggunakan sensor RPLIDAR A3 dalam membuat peta yang dihasilkan oleh Hector SLAM, memakai algoritma *Adaptive Monte Carlo Localization* yang menggabungkan pembacaan sensor *rotary encoder* serta sensor RPLIDAR A3 sebagai *self-localization*, dan *global path planning* menggunakan algoritma A-Star sebagai pembuat rute perjalanan serta *local path planning* menggunakan *Timed Elastic Band* yang bertugas menghindari rintangan pada saat kondisi dinamis. Pengujian dilakukan secara *real-time* dalam menjalankan navigasi *service robot* dalam ruangan *indoor* serta dilakukan pengujian secara simulasi pada saat melakukan perbandingan algoritma SLAM menggunakan *software* Gazebo. Pada penelitian ini Hector SLAM berhasil dalam membuat peta dalam ruangan *indoor* sesuai dengan lingkungan aslinya, lalu AMCL memberikan informasi yang akurat mengenai lokasi dan arah hadap robot pada peta, serta A-star memberikan rute terbaik dalam melakukan pergerakan, dan *TEB planner* dapat melakukan proses *re-route* ketika bertemu rintangan dalam kondisi dinamis. Sistem navigasi *service robot* yang telah dibuat mampu melakukan pergerakan otomatis dari titik awal hingga ke titik yang ditentukan baik dalam kondisi statis maupun dinamis dalam peta yang telah dibuat.

Kata kunci: Robot Servis, Navigasi, RPLIDAR, Gazebo, Hector SLAM, AMCL, A-Star, *TEB planner*.

ABSTRACT

Design of a Navigation System for Indoor Service Robot

(Muhammad Fahreza Alrizki, 03041282025036, 2024, 52 pages)

Service robots can replace human labor in providing services to customers. To carry out their tasks, service robots require an autonomous navigation system consisting of mapping, self-localization, and path planning. This research designed a navigation system on a service robot that uses the RPLIDAR A3 sensor to create a map generated by Hector SLAM, uses the Adaptive Monte Carlo Localization algorithm that combines readings from the rotary encoder sensor and the RPLIDAR A3 sensor for self-localization, and global path planning using the A-Star algorithm as a route generator and local path planning using Timed Elastic Band which is responsible for avoiding obstacles in dynamic conditions. Testing is carried out in real-time in running service robot navigation indoors and testing is carried out in simulations when comparing SLAM algorithms using Gazebo software. In this study, Hector SLAM succeeded in creating maps in indoor spaces according to their original environment, then AMCL provided accurate information about the location and direction of the robot on the map, and A-star provided the best route for movement, and the TEB planner could re-route when encountering obstacles in dynamic conditions. The service robot navigation system that has been created is able to move automatically from the starting point to the specified point both in static and dynamic conditions on the map that has been created.

Keywords: Service Robot, Navigation, RPLIDAR, Gazebo, Hector SLAM, AMCL, A-Star, TEB planner.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Keaslian Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 <i>State of The Art</i>	8
2.2 <i>Service Robot</i>	13
2.3 Navigasi Robot.....	14
2.4 Hector SLAM.....	15
2.5 <i>Adaptive Monte Carlo Localization (AMCL)</i>	16

2.6 <i>Timed Elastic Band</i>	19
2.7 Algoritma A-Star	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Studi Literatur	21
3.2 Tahap Perancangan Sistem Navigasi <i>Service Robot</i>	22
3.2.1 Perancangan Hardware System.....	22
3.2.2 Perancangan Software System	26
3.3 Tahap Pengujian Sistem.....	30
3.4 Analisa dan Kesimpulan	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Perancangan Alat	32
4.2 Pemetaan Secara Simulasi	33
4.2.1 Unified Robot Description Format (URDF).....	33
4.2.2 <i>World Gazebo</i>	34
4.2.3 Perbandingan Pemetaan Secara Simulasi	35
4.3 Hector SLAM Pada <i>Service Robot (Real Time)</i>	38
4.4 Sistem Navigasi <i>Service Robot</i>	42
4.4.1 Adaptive Monte Carlo Localization.....	42
4.4.2 Path Planning	44
4.5 Pengujian Navigasi <i>Service Robot</i>	46
BAB V.....	53
KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil pemetaan secara real-time menggunakan HectorSLAM (a), Gmapping (b), KartoSLAM (c), CoreSLAM (d), dan LagoSLAM (e).....	8
Gambar 2.2 Posisi robot secara real-time (a); Hasil lokalisasi AMCL pada tampilan rviz (b)	9
Gambar 2.3 Robot mendeteksi rintangan (a), Robot menghindari rintangan (b), dan Robot melanjutkan menuju titik tujuan(c)	10
Gambar 2.4 Global path planning menggunakan Dijkstra (a) dan Path planning menggunakan A-Star	10
Gambar 2.5 Titik tujuan yang ditentukan pada percobaan	11
Gambar 2.6 Path planning menggunakan pengembangan algoritma TEB.....	12
Gambar 2.7 Posisi awal (a); Robot bergerak ke posisi tujuan (b); Robot mencapai titik tujuan(c)	13
Gambar 2.8 Contoh service robot	14
Gambar 2.9 Proses navigasi robot	15
Gambar 2.10 Proses algoritma SLAM	16
Gambar 2.11 Pose dan interval waktu pada robot di dalam sistem koordinat....	20
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	21
Gambar 3.2 Desain Service Robot bagian kaki	22
Gambar 3.3 Desain Service Robot Full	23
Gambar 3.4 Skematik hardware	23
Gambar 3.5 RPLIDAR A3	24
Gambar 3.6 Rotary Encoder	25

Gambar 3.7 MPU 6050.....	25
Gambar 3.8 Arduino Mega 2560.....	26
Gambar 3.9 Perancangan Sistem ROS	27
Gambar 3.10 Flowchart pembuatan map.....	28
Gambar 3.11 Perancangan Sistem Navigasi Service Robot	30
Gambar 3.12 Sketsa 2D Laboratorium Kendali dan Robotika	31
Gambar 4. 1 Hasil <i>Service Robot Full</i>	31
Gambar 4. 2 Hasil Service Robot bagian kaki.....	33
Gambar 4. 3 Hasil URDF Service Robot pada Gazebo.....	34
Gambar 4. 4 World Laboratorium Kendali Robotika.....	34
Gambar 4.5 Pemrograman Menghitung MSE dan SSIM Untuk Analisis Hasil SLAM.....	38
Gambar 4. 6 Kondisi Tempat Pengujian Ruang Laboratorium Kendali Robotika	40
Gambar 4. 7 Hasil Pemetaan menggunakan Hector SLAM secara real time	42
Gambar 4. 8 Hasil Partikel yang Didapat dari AMCL. (a) Kondisi Awal saat Robot Diam. (b) Kondisi Robot Bergerak.....	43
Gambar 4. 9 Posisi Robot (a) Hasil Tampilan Lokalisasi AMCL di Rviz (b) Posisi Robot Secara Real-Time.....	44
Gambar 4.10 Grafik Output Kecepatan Sudut Pada Rute Dinamis.....	47
Gambar 4.11 Grafik Output Kecepatan Sudut Pada Rute Dinamis.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jumlah error yang didapat	8
Tabel 2.2 Waktu komputasi yang diperoleh.	10
Tabel 2.3 Perbandingan waktu penjelajahan	12
Tabel 2.4 Parameter dan Nilai Bawaan ROS AMCL package	17
Tabel 3.1 Spesifikasi RPLIDAR A3.....	24
Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop	24
Tabel 4. 1 Konfigurasi Simulasi Hector SLAM	35
Tabel 4. 2 Konfigurasi Simulasi Gmapping SLAM	35
Tabel 4. 3 Konfigurasi Simulasi Karto SLAM.....	36
Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Pemetaan Secara Simulasi.....	37
Tabel 4.5 Hasil MSE dan SSIM Antara Algoritma SLAM Yang Dibandingkan	38
Tabel 4. 6 Konfigurasi Hector SLAM secara real time	39
Tabel 4. 7 Pergerakan Robot Saat Pembuatan Peta Secara Real-Time	40
Tabel 4. 8 Konfigurasi Adaptive Monte Carlo Localization	43
Tabel 4. 9 Konfigurasi Costmap Common Params	45
Tabel 4. 10 Konfigurasi TEB Planner	45
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Navigasi Service Robot.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi terutama pada bidang robotika telah mengalami perkembangan yang cepat selama beberapa tahun terakhir [1]. Hal ini dapat dilihat pada robot yang telah diciptakan oleh manusia. Beberapa bahkan telah mencapai tingkat kemampuan yang mendekati makhluk hidup, seperti manusia [2]. *Humanoid robot* merupakan perangkat mekanis yang memiliki struktur dan kemampuan pergerakan yang menyerupai manusia [3] serta memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi dan melakukan tugas-tugas dalam berbagai cakupan[4]. Disamping itu, robot jenis ini dianggap sebagai opsi utama untuk *service robot* yang cocok dengan manusia dibandingkan dengan jenis robot lainnya [5].

Dalam beberapa tahun terakhir, terdapat beragam jenis *service robot* yang telah dikembangkan untuk berbagai kegiatan. Robot menggantikan tenaga manusia dalam memberikan layanan kepada pelanggan[6] dan robot pelayan kesehatan[7]. Tantangan utama yang dihadapi oleh robot otonom adalah bagaimana robot dapat melakukan pergerakan otomatis menuju tujuannya. Robot harus merencanakan rute dan menjalankannya tanpa menabrak rintangan apa pun dalam lingkungan tersebut, termasuk pada *service robot*. Sehingga, lokalisasi dan navigasi robot bergerak telah menjadi subjek penelitian yang sangat penting untuk *service robot*[8].

Service robot harus memenuhi tiga persyaratan utama, yaitu kemampuan membangun peta lingkungan sendiri, melakukan lokalisasi sendiri, dan perencanaan rute perjalanan sekaligus menghindari rintangan di lingkungan yang tidak dikenal [9], [10]. Pada pemetaan, *simultaneous localization and mapping* (SLAM) dapat digunakan untuk membangun peta lingkungan[11]. Beberapa metode pemetaan pada SLAM yaitu : Gmapping, HectorSLAM [12], dan KartoSLAM [13].

Beberapa metode SLAM dapat membuat peta secara efisien, tetapi sulit untuk membuat peta dengan benar tanpa fitur lingkungan yang memadai. Algoritma SLAM dapat diterapkan juga sebagai *self-localization* yang merupakan kemampuan yang dimiliki robot untuk memperkirakan atau mengetahui lokasi sendiri didalam ruangan tempat robot beroperasi. Namun, ada kesalahan dalam pelokalan pada algoritma SLAM karena peta yang salah akibat kekurangan informasi dari peta [14]. Algoritma lain yang dapat diterapkan untuk melakukan proses *self-localization* dengan menggunakan sensor lidar dan *odometry*, antara lain merupakan kemampuan yang dimiliki robot untuk memperkirakan atau mengetahui lokasi sendiri didalam ruangan tempat robot beroperasi. Algoritma yang dapat diterapkan untuk melakukan proses *self localization* antara lain *adaptive monte carlo localization* (AMCL) [15], *extended Kalman filter localization* (EKF-Localization), dan *markov Localization* [16].

Selanjutnya, persyaratan terakhir yang harus dimiliki *service robot* dalam melakukan tugasnya. *Path planning* adalah salah satu komponen penting dalam *service robot* adalah kemampuan menghindari rintangan dengan mengetahui *path planning* agar dapat beroperasi secara otomatis dalam melakukan tugasnya. Secara umum, *path planning* dapat dibagi menjadi dua kategori: *global path planning* dan *local path planning* [17]. *Global path planning* membutuhkan peta lingkungan untuk menghitung rute terbaik. Sedangkan *local path planning* mengubah jalur global menjadi titik-titik jalan yang sesuai sedangkan *local path planning* menghasilkan strategi penghindaran untuk rintangan dinamis dan mencoba mencocokkan lintasan sebanyak mungkin dengan titik-titik jalan yang disediakan dari perencanaan global [18]. Beberapa contoh *global path planning* meliputi : Dijkstra, Best First, dan A*. Jenis metode *local path planning* antara lain : *artificial potential field* (APF, *dynamic window approach* (DWA) [19], *genetic algorithm*, *neural network*, *Timed Elastic Band* (TEB), dan beberapa metode lainnya [20].

Dalam menjalankan ketiga kemampuan utama dalam bernavigasi baik untuk *mapping*, *self-localization*, dan *path planning*. Lidar dan robot beroda adalah kombinasi yang paling umum digunakan. Hal ini dikarenakan robot beroda dapat

bergerak dengan mudah dan stabil di lingkungan tertutup[21]-[22] dan lidar dapat mendeteksi jarak rintangan dengan tampilan 360 derajat [23].

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk sistem navigasi yang digunakan pada robot. Penelitian Kai-Tai Song dkk, membahas desain kontrol navigasi *mobile robot* dengan mengintegrasikan penghindaran rintangan dan Cartographer SLAM menggunakan lidar untuk pembuatan peta[8]. Kemudian, Shu-Yin Chiang dkk, dalam penelitiannya membahas Hector SLAM dengan menggunakan lidar 360 derajat untuk membangun peta lingkungan dan probabilitas lokalisasi dari *scan-to-match* menggunakan lidar [11]. Selanjutnya, Joao Mochado Santos dkk, melakukan penelitian yang membahas tentang perbandingan SLAM yang ada pada *Robot Operating System (ROS)* [24], pada penelitian tersebut Hector SLAM memiliki tingkat error tergolong rendah pada percobaan *real-time* dibandingkan metode SLAM lainnya. Lalu, penelitian yang membahas *self-localization* telah dibahas oleh Pereira dkk yang menganalisis perluasan parameter AMCL ROS *package* pada robot *automated guided vehicle (AGV)* [15]. Jiafeng Wu dkk, juga melakukan penelitian pada robot AGV dengan pengembangan algoritma *timed elastic band (TEB)* di ruangan yang kompleks [20]. Hamdan dkk, membahas implementasi sistem robot otonom menggunakan sensor kinect menggunakan algoritme *Gmapping* dan TEB [25]. Chen dan Danny membahas implementasi dan pengujian berbagai algoritma navigasi dan perencana gerakan untuk robot asisten kantor. Studi ini membandingkan kinerja perencana global (algoritma A* dan Dijkstra) dan perencana lokal (Dynamic Window Approach dan Time Elastic Band) [26].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, metode untuk navigasi yang digunakan belum diimplementasikan di *service robot*. Maka, penelitian ini akan menggunakan Hector SLAM untuk pembuatan peta 2D, karena Hector SLAM merupakan algoritma yang stabil dan pada pembuatan peta secara *real-time error* yang didapat termasuk rendah [24]. Sedangkan *self-localization* sendiri akan menggunakan AMCL [15], *Timed Elastic Band* digunakan sebagai *path planning*

local untuk menghindari hambatan dengan lancar di lingkungan hambatan statis [20], serta A-star [26] sebagai *global path planning*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, *service robot* diharuskan mempunyai kemampuan untuk melakukan navigasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya, seperti kemampuan manusia pada umumnya. Saat melakukan pergerakan di ruangan tertutup, *service robot* membutuhkan sistem navigasi yang bagus untuk menuju titik yang diinginkan. Tetapi, pada penelitian yang sudah dilakukan terdahulu masih membahas secara terpisah tentang ketiga hal dalam sistem navigasi yaitu pembuatan peta sendiri, pelokaliliasian sendiri, dan penghindaran rintangan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan melakukan perancangan sistem navigasi *service robot* dengan cara membuat peta 2 Dimensi pada ruangan menggunakan Hector SLAM, selanjutnya peta yang telah dibuat akan digunakan untuk melakukan pergerakan pada ruangan menggunakan *Adaptive Monte Carlo Localization* (AMCL), *Timed Elastic Band* (TEB) sebagai *local path planning*, dan A-Star sebagai *global path planning*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem navigasi pada *service robot* menggunakan peta yang dibuat oleh Hector SLAM, menggunakan algoritma AMCL sebagai *self-localization*, *path planning local* menggunakan *Timed Elastic Band* (TEB) sebagai *obstacle avoidance* dan A-Star sebagai *global path planning*. Sistem navigasi yang dibuat lalu di uji coba untuk mengetahui kemampuan dari sistem navigasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak keluar dari pembahasannya maka penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu:

1. Sistem navigasi menggunakan sensor LIDAR A3, *rotary encoder*, dan MPU 6050
2. Laptop digunakan sebagai pusat kontrol sistem navigasi

3. Kondisi yang disesuaikan dalam ruangan Laboratorium Kendali dan Robotika.
4. Arduino Mega sebagai kontrol penggerak dan sebagai pengolah dari *rotary encoder*

1.5 Keaslian Penelitian

Ada beberapa penelitian terdahulu yang pernah merancang sistem navigasi pada *mobile robot*. Kai-Tai Song dkk [8], melakukan penelitian membahas tentang sistem kontrol navigasi untuk *mobile robot* yang mengintegrasikan penghindaran rintangan dan lokalisasi lidar menggunakan metode SLAM. Metode yang digunakan menggabungkan Cartographer SLAM untuk lokalisasi robot secara real-time dan pembuatan peta berdasarkan data sensor lidar. Hasil percobaan menunjukkan bahwa robot dapat berhasil ke tujuannya sambil menghindari rintangan. Tetapi pada jurnal ini tidak membahas penggunaan *path planning*.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Santos dkk [24], penelitian ini membahas tentang perbandingan SLAM dalam pembuatan peta. Perbandingan dilakukan dengan cara kuantitatif dengan menghitung nilai *error* dan cara kualitatif dengan membandingkan hasil peta yang dihasilkan dari beberapa metode SLAM yang dibandingkan. Hasil yang didapat adalah Hector SLAM memiliki tingkat error yang tergolong rendah. Penelitian ini hanya berfokus membandingkan pembuatan peta 2D. Paulus dkk [27], juga membahas perbandingan SLAM. Metode yang dibandingkan adalah Hector SLAM dan *gmapping* SLAM dalam pembuatan 2D. Hasil *error* yang didapat oleh Hector SLAM lebih rendah dibandingkan *Gmapping* SLAM.

Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Jianxin Ren dkk [13], penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem navigasi *autonomus* untuk robot beroda. Pada penelitian ini menggunakan Gmapping SLAM untuk pembuatan peta serta penggunaan AMCL berdasarkan data lidar untuk pemetaan yang lebih akurat. Pada penelitian ini juga membahas *path planning* yang membandingkan algoritma A* dan Dijkstra. Pada pembahasan juga menggunakan DWA sebagai

path planner local. Penelitian ini sudah membahas lengkap tentang sistem navigasi pada *mobile robot*.

Penelitian Wallace Pereira dkk [15], membahas tentang analisis yang diperluas terhadap parameter-parameter dalam paket AMCL ROS untuk lokalisasi AGV di dalam ruangan. Penelitian ini memberikan wawasan tentang penyetelan parameter bagi peneliti yang menggunakan paket AMCL ROS. Penelitian ini hanya membahas tentang pelokalisasian AGV menggunakan *Adaptive Monte Carlo Localization*.

Jiafeng Wu dkk [20], melakukan penelitian tentang pengembangan algoritma *Timed Elastic Band* (TEB) yang ditingkatkan untuk perencanaan jalur lokal *Autonomous Ground Vehicles* (AGV) di lingkungan kompleks. AGV pada penelitian ini menggunakan R200 lidar dan kamera kinect V1. Pada bahasannya algoritma TEB bertujuan untuk mengurangi perjalanan lokal yang tidak perlu dan konsumsi energi berlebih saat menghadapi tikungan. Algoritma ini diuji melalui simulasi dan eksperimen robot secara *real-time*, yang menunjukkan efektivitasnya dalam menghindari hambatan di lingkungan statis dan dinamis yang tidak diketahui. Meskipun jurnal ini menyajikan hasil simulasi dan eksperimen robot secara *real-time*, tetapi jenis robot yang digunakan adalah jenis AGV berbeda dengan jenis robot yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu *service robot*.

Selanjutnya, Chen dan Danny [26], membahas implementasi dan pengujian berbagai algoritma navigasi dan rencana gerakan untuk robot asisten kantor. Studi ini membandingkan kinerja *global path planning* (algoritma A* dan Dijkstra) dan *local path planning* (Dynamic Window Approach dan Time Elastic Band) baik dalam simulasi maupun secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma A* dan Dijkstra dapat mencapai kinerja yang dibutuhkan untuk aplikasi ini, sementara TEB lebih unggul daripada DWA sebagai *local path planning* dalam menghindari hambatan dinamis. Studi ini juga membandingkan waktu komputasi dari algoritma *global path planning* Dijkstra dan A* dan menemukan bahwa A* lebih cepat.

Penelitian lain yang membahas perbandingan akurasi navigasi *local path planning* dilakukan oleh Cybulski dkk [28], pada penelitian ini menunjukkan ketiga perencana navigasi lokal (DWA, EBand, dan TEB) pada *mobile robot*. Hasil yang diperoleh menunjukkan TEB *planner* lebih cepat dan lebih lancar dalam menghindari rintangan pada pengujian *real-time* dibandingkan dengan DWA *planner* dan Eband.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, masih banyak yang belum membahas ketiga syarat navigasi pada robot dan jenis robot yang digunakan berbeda dengan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu *service robot*. Penelitian yang dilakukan sebelumnya hanya berfokus pada salah satu atau dua dari ketiga syarat navigasi pada robot. Syarat tersebut yaitu membangun peta lingkungan sendiri, melakukan lokalisasi sendiri, dan menghindari rintangan di lingkungan robot bekerja. Sehingga, dari penelitian ini *service robot* yang akan dibahas mampu melakukan tugas tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Cai *et al.*, “Robot and its living space: A roadmap for robot development based on the view of living space,” *Digit. Commun. Networks*, vol. 7, no. 4, pp. 505–517, 2021, doi: 10.1016/j.dcan.2020.12.001.
- [2] G. Buttazzo, “Rise of artificial general intelligence: risks and opportunities,” *Front. Artif. Intell.*, vol. 6, 2023, doi: 10.3389/frai.2023.1226990.
- [3] A. Wajiansyah, R. Malani, Supriadi, and A. F. O. Gaffar, “Optimization of Humanoid Robot Leg Movement Using Open CM 9.04,” *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 5, pp. 699–709, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i5.15071.
- [4] M. Wu, C. F. Yeong, E. L. M. Su, W. Holderbaum, and C. Yang, “A review on energy efficiency in autonomous mobile robots,” *Robot. Intell. Autom.*, vol. ahead-of-p, no. ahead-of-print, Jan. 2023, doi: 10.1108/RIA-05-2023-0060.
- [5] Z. Pei, S. Piao, M. E. Souidi, M. Z. Qadir, and G. Li, “SLAM for Humanoid Multi-Robot Active Cooperation Based on Relative Observation,” *Sustainability*, vol. 10, no. 8. 2018. doi: 10.3390/su10082946.
- [6] A. A. Fikri and L. Anifah, “Mapping And Localization System Pada Mobile Robot Menggunakan Metode SLAM Berbasis LiDAR,” *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 27–33, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p27-33.
- [7] G. P. Soriano *et al.*, “Robots and Robotics in Nursing,” *Healthc.*, vol. 10, no. 8, pp. 1–11, 2022, doi: 10.3390/healthcare10081571.
- [8] K. T. Song *et al.*, “Navigation Control Design of a Mobile Robot by Integrating Obstacle Avoidance and LiDAR SLAM,” *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2018*, pp. 1833–1838, 2019, doi: 10.1109/SMC.2018.00317.

- [9] J. A. Abdulsahab and D. J. Kadhim, "Classical and Heuristic Approaches for Mobile Robot Path Planning: A Survey," *Robotics*, vol. 12, no. 4, 2023, doi: 10.3390/robotics12040093.
- [10] S. M. Pawar, "Humanoid Robotics," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. VI, pp. 4128–4130, 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.35918.
- [11] S. Chiang, H. Jiang, S. Lin, and T. Yu, "Self-Localization of Service Robot by the Integration of Hector SLAM and Proposal Distribution," *Proc. 2018 Int. Conf. Adv. Robot. Intell. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–31, 2018.
- [12] S. Saat, W. N. Abd Rashid, M. Z. M. Tumari, and M. S. Saealal, "HECTORSLAM 2D MAPPING for SIMULTANEOUS LOCALIZATION and MAPPING (SLAM)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1529, no. 4, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1529/4/042032.
- [13] J. Ren *et al.*, "SLAM, Path Planning Algorithm and Application Research of an Indoor Substation Wheeled Robot Navigation System," *Electron.*, vol. 11, no. 12, 2022, doi: 10.3390/electronics11121838.
- [14] F. Nobis, O. Papanikolaou, J. Betz, and M. Lienkamp, "Persistent Map Saving for Visual Localization for Autonomous Vehicles: An ORB-SLAM 2 Extension," *2020 15th Int. Conf. Ecol. Veh. Renew. Energies, EVER 2020*, 2020, doi: 10.1109/EVER48776.2020.9243094.
- [15] W. P. N. dos Reis, G. J. da Silva, O. M. Junior, and K. C. T. Vivaldini, "An extended analysis on tuning the parameters of Adaptive Monte Carlo Localization ROS package in an automated guided vehicle," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 117, no. 5–6, pp. 1975–1995, 2021, doi: 10.1007/s00170-021-07437-0.
- [16] P. K. Panigrahi and S. K. Bisoy, "Localization strategies for autonomous mobile robots: A review," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 8, pp. 6019–6039, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.02.015.

- [17] H. Y. Zhang, W. M. Lin, and A. X. Chen, "Path planning for the mobile robot: A review," *Symmetry (Basel)*, vol. 10, no. 10, 2018, doi: 10.3390/sym10100450.
- [18] P. Marin-Plaza, A. Hussein, D. Martin, and A. De La Escalera, "Global and Local Path Planning Study in a ROS-Based Research Platform for Autonomous Vehicles," *J. Adv. Transp.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/6392697.
- [19] E. Molinos, A. Llamazares, and M. Ocaña, "Dynamic window based approaches for avoiding obstacles in moving," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 118, May 2019, doi: 10.1016/j.robot.2019.05.003.
- [20] J. Wu, X. Ma, T. Peng, and H. Wang, "An improved timed elastic band (Teb) algorithm of autonomous ground vehicle (agv) in complex environment," *Sensors*, vol. 21, no. 24, 2021, doi: 10.3390/s21248312.
- [21] L. Liu, X. Wang, X. Yang, H. Liu, J. Li, and P. Wang, "Path planning techniques for mobile robots: Review and prospect," *Expert Syst. Appl.*, vol. 227, no. April, p. 120254, 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2023.120254.
- [22] M. A. K. Niloy *et al.*, "Critical Design and Control Issues of Indoor Autonomous Mobile Robots: A Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 35338–35370, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3062557.
- [23] L. Mochurad, Y. Hladun, and R. Tkachenko, "An Obstacle-Finding Approach for Autonomous Mobile Robots Using 2D LiDAR Data," *Big Data Cogn. Comput.*, vol. 7, no. 1, 2023, doi: 10.3390/bdcc7010043.
- [24] J. M. Santos, D. Portugal, and R. P. Rocha, "An evaluation of 2D SLAM techniques available in Robot Operating System," in *2013 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)*, 2013, pp. 1–6. doi: 10.1109/SSRR.2013.6719348.

- [25] H. Zuhdi, D. Arifin, R. Maulana, and H. Fitriyah, "Implementasi Sistem Robot Otonom dengan Sensor Kinect menggunakan Algoritme Gmapping dan Timed Elastic Band," vol. 6, no. 8, pp. 3570–3577, 2022, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [26] C. Z. Looi and D. W. K. Ng, "A Study on the Effect of Parameters for ROS Motion Planer and Navigation System for Indoor Robot," *Int. J. Electr. Comput. Eng. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–36, 2021, doi: 10.53375/ijecer.2021.21.
- [27] P. S. Laksono and T. M. Kusuma, "Performance Analysis of Hector Slam and Gmapping for Navigation for Mobile Robot Navigation," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 27, no. 2, pp. 144–153, 2022, doi: 10.35760/tr.2022.v27i2.6063.
- [28] B. Cybulski, A. Wegierska, and G. Granosik, "Accuracy comparison of navigation local planners on ROS-based mobile robot," *12th Int. Work. Robot Motion Control. RoMoCo 2019 - Work. Proc.*, pp. 104–111, 2019, doi: 10.1109/RoMoCo.2019.8787346.
- [29] J. Wirtz and V. Pitardi, "How intelligent automation, service robots, and AI will reshape service products and their delivery," *Ital. J. Mark.*, vol. 2023, no. 3, pp. 289–300, 2023, doi: 10.1007/s43039-023-00076-1.
- [30] A. Garcia, F. Martin, J. M. Guerrero, F. J. Rodriguez, and V. Matellan, "Portable Multi-Hypothesis Monte Carlo Localization for Mobile Robots," *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, vol. 2023-May, pp. 1933–1939, 2023, doi: 10.1109/ICRA48891.2023.10160957.