

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dua aspek utama yang sangat berpengaruh dalam pengembangan kendaraan listrik otonom terhadap kinerja sistem adalah kemampuan pemetaan lingkungan dan sistem navigasi. Sistem pemetaan menggunakan algoritma *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) untuk memetakan lingkungan dalam bentuk peta 2D atau 3D. Namun, dalam lingkungan dinamis seperti area perkotaan atau kawasan industri, akurasi SLAM sering kali tidak konsisten terutama ketika objek bergerak atau kondisi pencahayaan berubah drastis. Hal ini menghambat kemampuan kendaraan untuk memahami dan berinteraksi dengan lingkungannya yang berdampak pada keandalan dan efektivitas sistem [1].

Sistem navigasi bertujuan mengarahkan kendaraan menuju tujuan secara optimal dan menghindari rintangan. Namun, sistem ini juga menghadapi tantangan dalam merancang jalur yang efisien dan aman dalam kondisi dinamis. Ketidakmampuan sistem untuk menangani perubahan lingkungan secara *real-time* seperti pergerakan kendaraan lain atau perubahan kondisi jalan, semakin memperburuk kendala ini [2].

Algoritma navigasi dan SLAM sangat penting dalam kendaraan otonom, karena keduanya memastikan kendaraan dapat bergerak secara mandiri. Penerapan teknologi ini pada kendaraan listrik otonom memungkinkan mereka beroperasi secara otonom, meskipun masih ada tantangan teknis terkait pemetaan dan navigasi yang perlu diatasi untuk mencapai kinerja yang optimal dalam lingkungan dinamis [3].

Kendaraan listrik adalah alternatif berkelanjutan yang efisien dan rendah emisi, terutama jika didukung energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Kendaraan listrik otonom menggabungkan kendaraan ramah lingkungan dengan sistem otonom yang memberikan manfaat seperti pengurangan emisi karbon, efisiensi energi, dan peningkatan keselamatan [3]. Dengan kecerdasan buatan dan sensor canggih, teknologi ini memungkinkan kendaraan membuat keputusan secara mandiri *real-time* [2], menjadikannya pilihan untuk masa depan transportasi.

Kendaraan listrik otonom telah berkembang pesat, namun tantangan teknis dalam navigasi dan lokalisasi masih perlu diatasi untuk operasional di lingkungan

dinamis. Teknologi seperti lidar, radar, kamera, dan GPS berperan penting dalam deteksi dan pengambilan keputusan *real-time* [2]. Penelitian dalam AI dan *machine learning* semakin meningkatkan kemampuan kendaraan untuk beradaptasi dengan kondisi jalan yang berubah, membuka peluang untuk pengembangan yang lebih efisien dan aman [4].

Kendaraan otonom menawarkan peluang besar dalam mengurangi angka kecelakaan, meningkatkan efisiensi transportasi, dan memajukan mobilitas otomatis di lingkungan tertentu [5]. Pengembangan lebih lanjut perlu difokuskan pada peningkatan efisiensi sistem, penyederhanaan perangkat keras, dan peningkatan keandalan navigasi dan lokalisasi. Mengatasi tantangan sistem kabel yang kompleks dan memaksimalkan pemanfaatan algoritma SLAM serta navigasi sangat penting untuk meningkatkan performa kendaraan otonom.

Penelitian ini menggunakan kendaraan listrik *Micro Electric Vehicle* (MEVi), hasil penelitian sebelumnya. Penelitian bertujuan mengembangkan sistem kendali pada kendaraan listrik otonom MEVi dengan fokus pada optimalisasi sistem navigasi dan lokalisasi menggunakan algoritma seperti *Hector SLAM*, *Dynamic Window Approach* (DWA), *Navfn/Dijkstra*, dan *Adaptive Monte Carlo Localization* (AMCL). Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan kendaraan listrik otonom yang lebih efisien dan aman untuk digunakan di berbagai lingkungan operasional.

## 1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu merupakan suatu pernyataan bahwa penelitian ini tidak ada unsur plagiat terhadap penelitian peneliti lain. Tabel 1.1 menunjukkan secara singkat penelitian sebelumnya pengembangan sistem MEVi dengan implementasi SLAM, navigasi, dan lokalisasi menggunakan *Hector SLAM*, DWA, *Dijkstra*, dan AMCL. Adapun tinjauan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tabel referensi.

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
1	<i>A Mobile Robot Path Planning Algorithm Based on Improved A Algorithm and Dynamic Window Approachs</i>	Yonggang Li, dkk	2022	Penelitian ini memiliki hasil keseluruhan menunjukkan bahwa algoritma gabungan A yang dioptimalkan dan <i>dynamic window</i> lebih efektif di lingkungan dinamis kompleks, dengan pengurangan belokan 50%, panjang jalur 3,62%, waktu rata-rata 10,27%, dan peningkatan akurasi sebesar 33,33% dibandingkan algoritma A tradisional.
2	<i>The Application of Internet of Things in Robot Route Planning Based on Multisource Information Fusion</i>	Yunfeng Yao, dkk	2022	Penelitian Yunfeng, dkk mengembangkan sistem perencanaan jalur robot dengan <i>Dijkstra</i> , <i>A*</i> , dan DWA. <i>A*</i> lebih efisien untuk jalur global, sementara DWA efektif dalam menghindari rintangan dinamis, menjadikannya solusi andal untuk robotik.
3	<i>Improved A*-DWA fusion path planning algorithm with ideal path area constraints</i>	Yibo Cao, dkk	2023	Penelitian ini mengusulkan metode navigasi MEVi dengan berbagai navigasi global dan hanya menggunakan
4	<i>Performance Analysis of Hector SLAM and Gmapping for Navigation for Mobile Robot Navigation</i>	Paulus Sakti Laksono, dkk	2022	Penelitian ini data pemindaian laser 2D dari RPLidar-A1 diproses menggunakan algoritma SLAM, yaitu <i>Gmapping</i> dan <i>Hector Mapping</i> , untuk menghasilkan peta grid okupansi di RViz. Hasil menunjukkan bahwa peta dari <i>Gmapping</i> memiliki lebih banyak noise dan kesalahan orientasi dibandingkan <i>Hector Mapping</i> , yang menunjukkan kinerja lebih baik dengan nilai <i>error</i> 7,87%.

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN	DESKRIPSI
5	<i>Automated driving system based on multi-source sensing method for unmanned detection vehicle in tunnel*</i>	Yingting Chen, dkk	2022	Penelitian ini mengembangkan metode deteksi multi-sumber untuk kendaraan otonom di terowongan, yang menggabungkan <i>Hector SLAM</i> dengan data dari kamera, <i>laser point cloud</i> , dan IMU untuk pemetaan dan pelokalan <i>real-time</i> . Algoritma rute menggunakan kombinasi A* dan DWA, serta deteksi retakan dan kebakaran dengan <i>Faster R-CNN</i> yang diimprovisasi.
6	<i>Research and Implementation of Autonomous Navigation for Mobile Robots Based on SLAM Algorithm under ROS</i>	Jianwei Zhao, dkk	2022	Penelitian ini menyoroti keunggulan <i>Karto SLAM</i> dalam pembuatan peta akurat dan kombinasi A* dengan DWA untuk perencanaan jalur yang efektif. Dibandingkan <i>Hector SLAM</i> dan <i>Gmapping</i> , <i>KartoSLAM</i> lebih efisien, meskipun masih menghadapi tantangan di lingkungan dengan rintangan padat.

Berdasarkan Tabel 1.1 akan dibahas posisi penelitian peneliti untuk mengetahui posisi penelitian dari penelitian sebelumnya. Penelitian mengenai sistem kendaraan otonom (MEVi) telah dilakukan oleh berbagai lembaga, baik universitas ataupun lembaga. Pada Tabel 1.1 diperlihatkan masing-masing riset penelitian yang berkaitan dengan kendaraan otonom dengan berbagai macam sistem.

Makalah penelitian [6] tahun 2020 membahas algoritma gabungan antara algoritma A yang dioptimalkan dan metode *dynamic window* lebih efektif dalam lingkungan dinamis yang kompleks. Algoritma ini mengurangi jumlah belokan hingga 50%, panjang jalur berkurang 3,62%, waktu konsumsi rata-rata berkurang 10,27%, dan jumlah titik infleksi jalur berkurang 57,14%. Selain itu, akurasi meningkat sebesar 33,33% dibandingkan dengan algoritma A tradisional, menjadikannya lebih unggul dalam navigasi di lingkungan yang dinamis.

Makalah penelitian [7] tahun 2022 mengembangkan sistem perencanaan jalur robot menggunakan *Dijkstra*, A\*, dan DWA. Simulasi menunjukkan A\* lebih efisien dalam waktu untuk jalur global dibandingkan *Dijkstra* dalam lingkungan kompleks. Sementara DWA efektif menghindari rintangan dinamis. Kombinasi algoritma ini

terbukti andal dan potensial untuk diterapkan dalam skenario robotik nyata.

Makalah penelitian [8] tahun 2023 mengembangkan versi yang dioptimalkan dari algoritma *Dijkstra* untuk robot logistik rel. Algoritma ini menggabungkan penilaian kepadatan node dan konflik jendela waktu secara *real-time* untuk meningkatkan perencanaan jalur global dan koordinasi konflik saat menjalankan banyak tugas. Algoritma ini juga mengurangi jumlah node yang dicari sebesar 75,7% dan mempercepat waktu eksekusi DWA sebesar 10,6% dibandingkan algoritma *Dijkstra* tradisional, menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dalam lingkungan kompleks. Algoritma *Chan* berbasis *Time Different of Arrival* (TDOA) digunakan untuk penentuan posisi yang lebih akurat, memperkuat kinerja sistem.

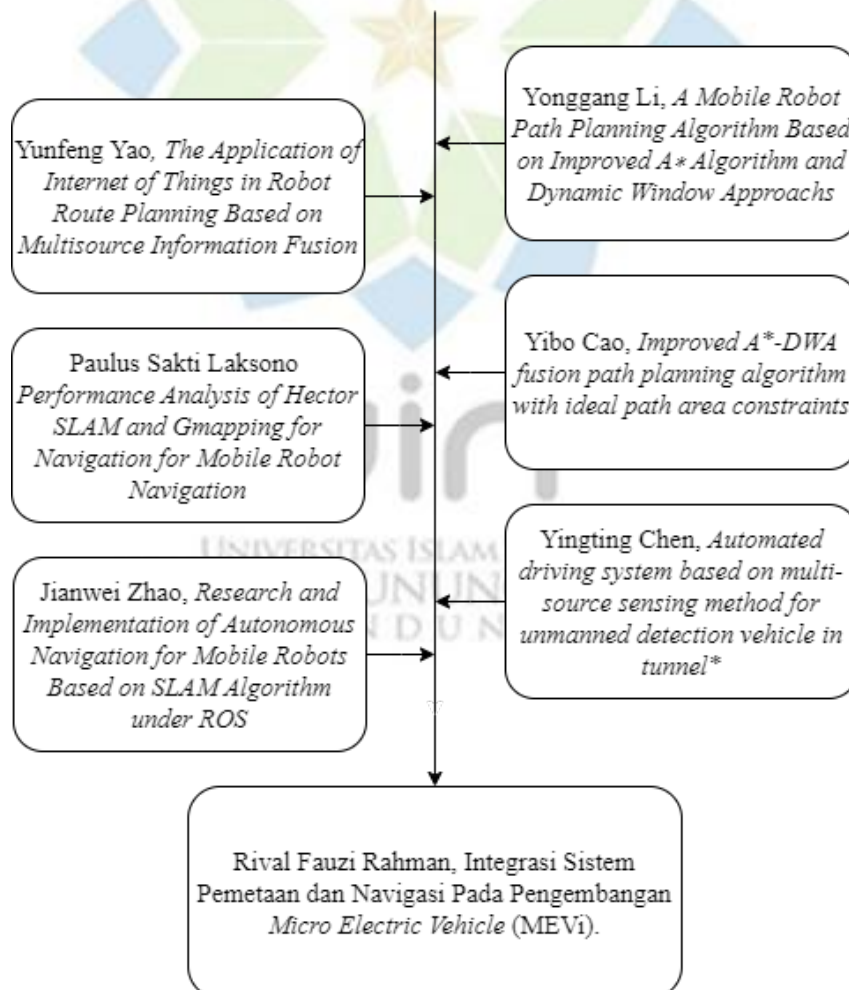
Makalah penelitian [9] tahun 2022 membahas penelitian mengenai data pemindaian laser 2D dari RPLidar-A1 diproses menggunakan algoritma SLAM, yaitu *Gmapping* dan *Hector Mapping*, untuk menghasilkan peta grid okupansi yang ditampilkan di RViz. Hasilnya menunjukkan bahwa peta dari algoritma SLAM dengan laser *scan matcher* memiliki banyak noise dan kehilangan orientasi. *Gmapping* memiliki sedikit lebih banyak error dibanding *Hector Mapping*, yang kinerjanya lebih baik dengan RPLidar-A1 dengan nilai *error* 7,87%.

Makalah penelitian [10] tahun 2022 mengembangkan metode deteksi multi-sumber untuk kendaraan otonom di terowongan, yang menggabungkan *Hector SLAM* dengan data dari kamera, laser *point cloud*, dan IMU untuk pemetaan dan pelokalan *real-time*. Algoritma rute menggunakan kombinasi  $A^*$  dan DWA, serta deteksi retakan dan kebakaran dengan *Faster R-CNN* yang diimprovisasi. Uji lapangan menunjukkan kesalahan pelokalan kurang dari 0,2 meter, dengan akurasi deteksi 88,53% dan *recall* 86,33%, memenuhi kebutuhan keselamatan di terowongan.

Makalah penelitian [11] tahun 2022 melakukan penelitian untuk menunjukkan bahwa *KartoSLAM* unggul dalam pembuatan peta dengan akurasi tinggi, terutama berkat frekuensi lidar rendah, pencocokan depan, dan deteksi loopback. Kombinasi algoritma  $A^*$  dan DWA terbukti efektif untuk perencanaan jalur.  $A^*$  digunakan untuk perencanaan jalur global yang cepat dan optimal, sedangkan DWA menangani perencanaan jalur lokal secara *real-time* untuk menghindari rintangan. Dibandingkan dengan *Hector SLAM* dan *Gmapping*, yang lebih bergantung pada odometri dan sensor lidar spesifik, *KartoSLAM* lebih efisien, meskipun tantangan tetap ada dalam penanganan lingkungan dengan rintangan padat.

Berdasarkan hasil tinjauan literatur terhadap beberapa penelitian sebelumnya, pada penelitian tugas akhir ini telah dilakukan penelitian integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle* (MEVi). Penelitian ini hanya berfokus pada sistem pemetaan dan navigasi untuk MEVi. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ialah penggunaan sistem navigasi *Dijkstra* dan kendaraan yang digunakan bersifat *differential wheel*. Penelitian menggunakan kendaraan listrik dari hasil penelitian BRIN.

Tinjauan penelitian menggunakan rujukan lima jurnal nasional dan internasional yang berhubungan dengan penelitian ini. Hubungan diperlihatkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Hubungan penelitian dengan penelitian sebelumnya.

### 1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang sudah diuraikan maka rumusan masalah yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan dan realisasi integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle (MEVi)*?
2. Bagaimana performa integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle (MEVi)*?

### 1.4 Tujuan

Dari latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan merealisasikan integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle (MEVi)*.
2. Menguji performa integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle (MEVi)*.

### 1.5 Manfaat

Penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin dicapai yaitu :

1. Manfaat Akademis  
penelitian integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan MEVi diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya mengenai pemahaman tentang kendaraan otonom, *path planning*, teknologi sensor LiDAR, dan sistem *lokal positioning* dalam konteks industri otomotif dan robotika.
2. Manfaat Praktis  
penelitian integrasi *Hector SLAM* dan algoritma navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan MEVi sangat relevan dalam implementasi industri. Penelitian ini dapat memberikan manfaat

praktis yang signifikan dalam menghadirkan kendaraan otonom yang aman dan efisien dalam berbagai aplikasi industri.

## 1.6 Batasan Masalah

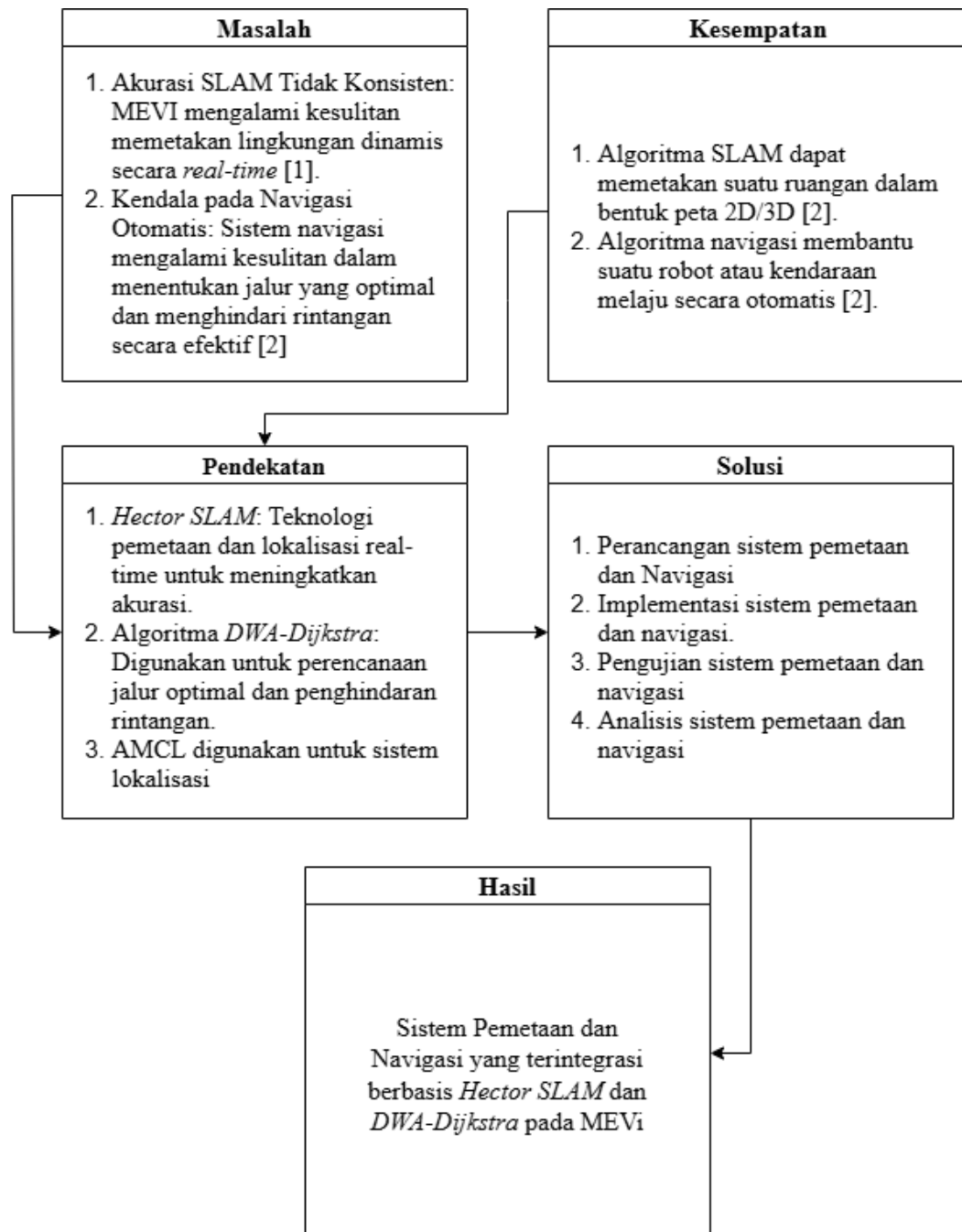
Penelitian ini diharapkan memiliki fokus penelitian yang jelas, oleh karena itu diperlukan penetapan batasan masalah untuk menghindari perluasan topik. Berikut adalah contoh batasan masalah yang dapat diterapkan dalam konteks penelitian tersebut:

1. Penelitian membatasi penggunaan perangkat keras dan *software* tertentu, seperti penggunaan sensor LiDAR dan sistem AMCL sebagai teknologi pemosisian.
2. Jenis kendaraan otonom berfokus pada *Micro Electric Vehicle* (MEVi) dan tidak mempertimbangkan jenis kendaraan otonom yang berbeda.
3. Fokus penelitian hanya pada sistem navigasi dan tidak memperhitungkan sistem lain.
4. MEVi memiliki konsep kendaraan *differential wheel* yaitu sistem menggabungkan penggerak roda belakang dengan sistem kemudi di roda depan.
5. MEVi belum terhubung dengan sistem *steering*.
6. MEVi diuji pada area *indoor* yang berlokasi di Laboratorium Otonom, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cisit, Bandung.
7. Pemetaan yang digunakan pada MEVi ini hanya menggunakan metode *Hector SLAM*.
8. Penggunaan metode *Dijkstra* untuk perencanaan jalur global berdasarkan peta statis.
9. Penggunaan metode DWA untuk navigasi lokal dengan penghindaran rintangan dinamis.
10. Penggunaan *Local Positioning System* AMCL untuk penentuan posisi dalam suatu area tertentu.
11. Keadaan *steady* MEVi adalah ketika sistem dapat melewati dan menempuh tujuan yang telah ditentukan.
12. Sistem MEVi yang dirancang hanya mampu bergerak dalam arah lurus tanpa adanya mekanisme sistem kemudi untuk berbelok.
13. Parameter penelitian hanya berfokus pada akurasi posisi dan orientasi MEVi dalam melakukan navigasi



## 1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir berisi uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian ditampilkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka berpikir.

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, tinjauan penelitian sebelumnya, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

### **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini berisikan tinjauan pustaka atau penjelasan terkait seluruh aspek yang terkait dengan sistem, yakni teori tentang sistem navigasi kendaraan, serta komponen-komponen dari integrasi *Hector SLAM* dan algoritma Navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle* (MEVi).

### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini berisikan metode dan tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian terkait sistem navigasi dari integrasi *Hector SLAM* dan algoritma Navigasi *Dynamic Window Approach-Dijkstra* pada pengembangan *Micro Electric Vehicle* (MEVi).

### **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini memaparkan proses pengembangan sistem MEVi yang mencakup implementasi SLAM, navigasi, dan lokalisasi. Proses ini dimulai dari analisis kebutuhan sistem, diikuti dengan pengumpulan data dan pelatihan dataset, hingga implementasi yang menghasilkan model sistem navigasi MEVi yang menggunakan *Hector SLAM* dan DWA-Dijkstra.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisikan tentang semua pengujian yang dilakukan untuk menentukan keberhasilan dalam perancangan sistem dengan menganalisis berdasarkan kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta disebutkan saran yang dapat digunakan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.