

SKRIPSI
PERANCANGAN ALGORITMA D-STAR LITE DALAM
PENENTUAN RUTE TERBAIK PADA *AUTONOMOUS*
ELECTRIC VEHICLE



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

Oleh :

GATOT ARIA PRATAMA

03041282025080

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN ALGORITMA D-STAR LITE DALAM PENENTUAN RUTE TERBAIK PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*



SKRIPSI

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

Oleh

GATOT ARIA PRATAMA

NIM. 03041282025080

Palembang, 15 Juli 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197108141999031005

Menyetujui

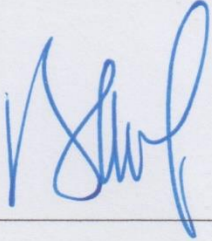
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM

NIP. 197502112003121002

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 : Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM

Tanggal : 15/Juli/2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gatot Aria Pratama
NIM : 03041282025080
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 3%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Perancangan Algoritma D-Star Lite Dalam Penentuan Rute Terbaik Pada *Autonomous Electric Vehicle*” 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, 15 Juli 2024




Gatot Aria Pratama

NIM. 03041282025080

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

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

Nama : Gatot Aria Pratama
NIM : 03041282025080
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

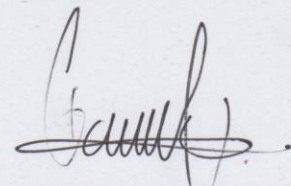
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas **Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

**PERANCANGAN ALGORITMA D-STAR LITE DALAM PENENTUAN
RUTE TERBAIK PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE***

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 : Palembang

Pada tanggal : 15 Juli 2024



Gatot Aria Pratama

NIM. 03041282025080

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT, yang telah memberikan Ridha dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “PERANCANGAN ALGORITMA D-STAR LITE DALAM PENENTUAN RUTE TERBAIK PADA AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE” Penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa arahan, bimbingan, kritik, saran, dukungan dan juga semangat dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini. Dengan rasa hormat dan kerendahan hati, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis, Ayah dan Ibu, serta kedua saudara saya yang telah memberikan doa dan semangat serta dukungan baik yang berbentuk moril maupun materil sehingga saya bisa menyelesaikan studi saya di Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak berkontribusi baik tenaga, waktu dan pikiran dalam membimbing, mendukung dan memberi arahan dalam penelitian ini.
3. Muhammad Abu bakar sidik, S.T., M.eng., Ph.D., IPU. selaku dosen Pembimbing akademik dan ketua jurusan teknik elektro yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.
4. Teman teman seperjuangan Autonomous Electric Vehicle Firly, Furqon, Irvin, dan Jordy yang telah berkontribusi baik tenaga, waktu, dan pikiran dalam menyelesaikan penelitian ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
6. Seluruh teman-teman teknik elektro serta pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan menyempurnakan skripsi ini serta bermanfaat bagi penulis dan para pembaca

Palembang, 7 Juli 2024

Gatot Aria Pratama

ABSTRAK
PERANCANGAN ALGORITMA D-STAR LITE DALAM PENENTUAN
RUTE TERBAIK PADA *AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLE*

(Gatot Aria Pratama, 03041282025080, 2024, 48 Halaman)

Setiap kendaraan, termasuk juga dengan *autonomous vehicle*, memerlukan rute untuk melakukan perjalanan mereka. Perencanaan rute merupakan aspek krusial dalam bidang *autonomous vehicle*. *Autonomous vehicle* membutuhkan jalur panduan atau langkah-langkah berikutnya untuk dapat bergerak. Pencarian rute tersebut pasti akan memilih rute yang optimal. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian algoritma D-Star lite untuk mencari rute yang optimal. Pada pengujian simulasi dilakukan dengan membandingkan algoritma D-star lite dengan algoritma A-star yang menghasilkan rute yang didapatkan oleh algoritma D-star lite lebih baik dibandingkan dengan algoritma A-star dengan rata-rata selisih jarak sebesar 124 meter. Pengujian secara *realtime* dilakukan dengan mencari rute dari node 36 menuju node 0 dengan total jarak rute yang didapatkan sejauh 803 meter. Pengujian lain terhadap *replanning* rute pada kondisi *real-time* yang semula melewati node 36 → 37 → 38 → 39 → 40 → 41 → 42 → 43 → 44 → 45 → 0 menjadi melewati node 36 → 37 → 38 → 46 → 26 → 11 → 2 → 4 → 1 → 0. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan algoritma D-star lite dapat digunakan untuk mencari rute terbaik pada *autonomous electric vehicle* dan juga melakukan proses *replanning* rute secara *real-time*.

Kata Kunci: D-star lite, Rute Optimal, *replanning* rute, *Autonomous Electric Vehicle*, *Realtime*, *Path planning*

ABSTRACT

DESIGNING THE D-STAR LITE ALGORITHM FOR DETERMINING THE OPTIMAL ROUTE IN AUTONOMOUS ELECTRIC VEHICLES.

(Gatot Aria Pratama, 03041282025080, 2024, 48 Pages)

Every vehicle, including autonomous vehicles, requires a route for their journey. Route planning is a crucial aspect in the field of autonomous vehicles. Autonomous vehicles need guidance or next steps to move effectively. The route search will definitely prioritize the optimal path. This study tests the D-star Lite algorithm for finding the optimal route. In simulation tests, comparing D-star Lite with A-star algorithm shows that D-star Lite produces better routes, with an average distance difference of 124 meters compared to A. Real-time testing involves finding a route from node 36 to node 0, yielding a total distance of 803 meters. Further tests on real-time route replanning, originally passing through nodes 36 → 37 → 38 → 39 → 40 → 41 → 42 → 43 → 44 → 45 → 0, were replanned to pass through nodes 36 → 37 → 38 → 46 → 26 → 11 → 2 → 4 → 1 → 0. Based on these tests, the D* Lite algorithm proves effective for finding the best routes in autonomous electric vehicles and for real-time route replanning processes.*

Keyword: D-star lite, Optimal route, Route replanning, Autonomous Electric Vehicle, Realtime, Path planning

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Keaslian Penelitian	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of the Art</i>	6
2.2 <i>Path Planning</i>	11
2.3 <i>Algoritma Lifelong Planning A-star (LPA*)</i>	11

2.4	Algoritma D-star Lite (D* Lite)	13
2.5	<i>Euclidean Distance</i>	13
BAB III		15
METODE PENELITIAN		15
3.1	Studi Literatur.....	16
3.2	Perancangan Sistem.....	16
3.3	Perancangan <i>Software</i>	17
3.4	Perancangan <i>Hardware</i>	18
3.4.1	Sensor GPS Ublox Neo M8N	18
3.4.2	Pengendali Pusat	19
3.5	Pengujian Sistem	19
3.5.1	Pengujian Simulasi.....	19
3.5.2	Pengujian <i>Real-World</i> dengan <i>Autonomous Electric Vehicle</i> Di Kampus Indralaya Universitas Sriwijaya.....	20
3.6	Tahap Analisa dan Kesimpulan	21
BAB IV		22
HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Perancangan Alat	22
4.2	Pengambilan Data Rute	22
4.3	Perancangan Rute	23
4.4	Pengujian <i>Path Planning</i> Secara Simulasi	27
4.5	Pengujian <i>Replanning</i> Rute Secara Simulasi	38
4.6	Pengujian <i>Path Planning</i> Secara <i>Real-time</i>	43
4.7	Pengujian <i>Replanning</i> Rute Secara <i>Real-time</i>	46
BAB V.....		48
KESIMPULAN DAN SARAN.....		48

5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Percobaan simulasi menggunakan algoritma Dijkstra	6
Gambar 2.2 Rute yang dihasilkan oleh algoritma A-star tradisional	7
Gambar 2.3 Hasil rute dari metode algoritma <i>guideline-based</i> A-star	7
Gambar 2.4 Hasil percobaan metode algoritma <i>guideline-based</i> A-star pada jalan raya	8
Gambar 2.5 Hasil rute metode D-star lite tradisional	9
Gambar 2.6 Hasil rute metode D-star lite tradisional	9
Gambar 2.7 Hasil rute dengan metode <i>auto-splitting</i> d-star lite pada peta perkotaan	10
Gambar 2.8 Hasil rute dengan metode <i>auto-splitting</i> d-star lite pada peta pedesaan	10
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> langkah penelitian.....	15
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> perancangan sistem <i>path planning</i>	16
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> perancangan <i>software</i>	17
Gambar 3.4 Perancangan <i>autonomous electric vehicle</i>	18
Gambar 3.5 Sensor GPS ublox neo m8n.....	18
Gambar 3.6 Peta rute kampus indralaya Universitas Sriwijaya.....	20
Gambar 4.1 Perancangan alat (a) tampak depan <i>electric vehicle</i> (b) posisi penempatan GPS	22
Gambar 4.2 Pemetaan rute pada kampus Universitas Sriwijaya Indralaya	25
Gambar 4.3 Rute fakultas teknik menuju fakultas hukum (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	28
Gambar 4.4 Rute fakultas teknik menuju fakultas ekonomi (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	29
Gambar 4.5 Rute fakultas teknik menuju rektorat (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	30

Gambar 4.6 Rute fakultas ekonomi menuju fakultas kedokteran (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	31
Gambar 4.7 Rute fakultas kedokteran menuju fakultas ilmu komputer (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star	32
Gambar 4.8 Rute FKIP menuju rektorat (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star	33
Gambar 4.9 Rute fakultas ilmu komputer menuju perpustakaan (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	34
Gambar 4.10 Rute fakultas ilmu komputer menuju perpustakaan (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star	35
Gambar 4.11 Rute fakultas ekonomi menuju FMIPA (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star.....	36
Gambar 4.12 Rute fakultas teknik menuju FISIP (a) metode D-Star lite (b) metode A-Star	37
Gambar 4.13 Percobaan <i>replanning</i> rute dari fakultas teknik menuju fakultas hukum.....	38
Gambar 4.14 Rute <i>replanning</i> dari fakultas teknik menuju fakultas hukum (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	39
Gambar 4.15 Percobaan <i>replanning</i> rute dari fakultas ekonomi menuju fakultas kedokteran.....	39
Gambar 4.16 Rute <i>replanning</i> dari fakultas ekonomi menuju fakultas kedokteran (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	40
Gambar 4.17 Percobaan <i>replanning</i> rute dari FMIPA menuju fakultas ekonomi .	40
Gambar 4.18 Rute <i>replanning</i> dari FMIPA menuju fakultas ekonomi (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	41
Gambar 4.19 Percobaan <i>replanning</i> rute dari fakultas hukum menuju fakultas pertanian.....	41
Gambar 4.20 Rute <i>replanning</i> dari fakultas hukum menuju fakultas pertanian (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	42

Gambar 4.21 Percobaan <i>replanning</i> rute dari FKM menuju fakultas hukum.....	42
Gambar 4.22 Rute <i>replanning</i> dari FKM menuju fakultas hukum (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	43
Gambar 4.23 Kondisi penutupan jalan menuju node 39	46
Gambar 4.24 Hasil <i>replanning</i> rute.....	47
Gambar 4.25 Rute <i>replanning</i> dari laboratorium kendali digital menuju fakultas teknik (a) sebelum <i>replanning</i> (b) setelah <i>replanning</i>	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi laptop pengendali pusat	19
Tabel 4.1 Titik <i>node</i> pada kampus Universitas Sriwijaya Indralaya.....	23
Tabel 4.2 <i>Node</i> yang saling berhubungan	25
Tabel 4.3 Pengujian rute dari fakultas teknik menuju fakultas hukum	28
Tabel 4.4 Pengujian rute dari fakultas teknik menuju fakultas ekonomi	29
Tabel 4.5 Pengujian rute dari fakultas teknik menuju rektorat	30
Tabel 4.6 Pengujian rute dari fakultas ekonomi menuju fakultas kedokteran	31
Tabel 4.7 Pengujian rute dari fakultas kedokteran menuju fakultas ilmu komputer	32
Tabel 4.8 Pengujian rute dari FKIP menuju rektorat.....	33
Tabel 4.9 Pengujian rute dari fakultas ilmu komputer menuju perpustakaan	34
Tabel 4.10 Pengujian rute dari fakultas ilmu komputer menuju perpustakaan	35
Tabel 4.11 Pengujian rute dari fakultas ekonomi menuju FMIPA	36
Tabel 4.12 Pengujian rute dari fakultas teknik menuju FISIP	37
Tabel 4.13 Pengujian <i>path planning</i> secara <i>real-time</i>	44

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan signifikan dalam teknologi komputasi dan komunikasi akhir-akhir ini telah menjadikan kendaraan otomatis atau yang biasa disebut *autonomous vehicle* turut berkembang. Kemunculan kendaraan otomatis atau *autonomous vehicle* dan perkembangannya merupakan hasil dari penelitian di bidang teknologi komunikasi nirkabel, navigasi, teknologi sensor, jaringan ad hoc, akuisisi dan distribusi data, serta analisis data [1] [2]. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dari *autonomous vehicle* selain kemampuannya mencapai tujuan secara otomatis, yaitu memperhatikan waktu yang diperlukan untuk mencapai tujuan [3]. Untuk merencanakan pergerakan secara efisien, juga penting untuk mempertimbangkan rute yang akan diambil oleh kendaraan tersebut [4].

Perencanaan rute merupakan aspek krusial dalam bidang robotika. Robot otomatis dan *autonomous vehicle* membutuhkan jalur panduan atau langkah-langkah berikutnya untuk dapat bergerak [5]. Penetapan koordinat tujuan sebagai target dimaksudkan agar robot atau kendaraan otomatis dapat mencapai tujuan tersebut melalui rute yang ditentukan. Rute tersebut harus merupakan rute tercepat untuk lebih efisien dan efektif serta menghindari langkah yang tidak perlu [6]. Aspek ini sangat penting untuk memastikan efisiensi dan akurasi pergerakan kendaraan otomatis [7]. Sehingga penggunaan metode *path planning* yang dapat bekerja pada lingkungan yang dinamis sangatlah diperlukan untuk menghadapi kondisi rintangan yang dapat berubah dan tidak dapat diprediksi [8]. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pemilihan rute yang akan diambil, seperti algoritma Dijkstra, A-star, dan D-star lite [9].

Dalam penelitian mengenai algoritma Dijkstra dijelaskan bahwa algoritma ini digunakan untuk merencanakan jalur pada *smart car* dengan menerapkan algoritma Dijkstra dan *dynamic window approach* [10]. Metode ini berhasil diimplementasikan pada *smart car* untuk menghindari rintangan (*obstacle avoiding*) yang dikembangkan secara mandiri, dan berhasil menghindari rintangan

serta mencapai posisi yang telah ditentukan. Pada penelitian [10] dilakukan dengan percobaan simulasi dan pengujian di *real-world*, hal ini menunjukkan efektivitas dan keandalan dari algoritma Dijkstra dan sistem yang telah diterapkan.

Dalam penelitian mengenai algoritma A-star (A*), dijelaskan adanya peningkatan pada algoritma perencanaan jalur berbasis a-star yang di implementasikan pada *autonomous vehicle* [11]. Peningkatan ini mencakup berbagai aspek seperti penggunaan standar evaluasi untuk mengukur kinerja, pemanfaatan panduan manusia atau *global path planning* untuk mengembangkan fungsi heuristik, memanfaatkan titik-titik kunci di sekitar rintangan (*obstacle*) untuk melakukan penghindaran secara lebih efektif, serta menerapkan algoritma *variable-step based a-star* yang berguna mengurangi waktu komputasi [11].

Namun, pada kedua algoritma ini masih memiliki kelemahan. Algoritma dijkstra dikategorikan sebagai *greedy algorithm* yang mampu menghasilkan solusi jalur terpendek secara optimal [12] [13] [14] [15] [16], namun membutuhkan waktu pencarian yang lebih lama [17]. Di sisi lain, algoritma a-star adalah *best-first search algorithm* yang dapat menangani pencarian jalur terpendek dengan waktu yang lebih cepat [18], namun tidak selalu menghasilkan solusi yang optimal [19]. Akan tetapi, algoritma A-Star memiliki keunggulan dibandingkan dengan algoritma Dijkstra yaitu pada perhitungannya. Algoritma A-star memanfaatkan jarak heuristic [20] yang ditambahkan pada jalur lurus untuk mendapatkan jalur yang lebih efisien [21]. Algoritma a-star cocok digunakan dalam situasi di mana penting untuk menemukan jalur dengan cepat dan efisien di berbagai lingkungan [22].

Algoritma dijkstra dan algoritma a-star hanya dapat menyelesaikan proses pencarian rute terbaik pada kondisi lingkungan yang statis (tidak berubah) [23] [24]. Namun, supaya *autonomous vehicle* dapat beradaptasi pada kondisi jalan yang belum diketahui dan dapat berubah maka diperlukannya algoritma pencarian rute (*path planning*) yang dapat diimplementasikan pada kondisi lingkungan yang dinamis (dapat berubah), maka akan dikembangkan algoritma D-star lite.

Algoritma D-star lite dapat mengatasi permasalahan mengenai rendahnya efisiensi algoritma lainnya jika digunakan pada lingkungan yang dinamis [23]. Pada penelitian [10] dan [11] sudah mengimplementasikan algoritma *path planning* dengan menggunakan *autonomous vehicle* dan ada juga yang melalui proses simulasi, tetapi dari penelitian yang menggunakan algoritma Dijkstra dan A-star belum ada yang dapat melakukan proses *replanning* secara *real-time* jika terdapat *obstacle* yang berubah.

Dalam penelitian [25] yang membahas tentang algoritma D-star lite memiliki tujuan untuk merancang algoritma D-star lite yang telah dimodifikasi untuk perencanaan jalur global untuk robot penyelamat yang berbasis UAV (*unmanned aerial vehicle*) dan *mobile robot* di area bencana besar. Algoritma ini bertujuan untuk mengatasi tantangan lingkungan yang dinamis dan hanya sebagian diketahui dengan pasti dengan menyediakan jalur yang lebih pendek dan waktu eksekusi yang lebih cepat, dengan tujuan akhir meningkatkan kinerja dan efisiensi robot penyelamat dalam situasi-situasi tersebut.

Pada penelitian [25] yang membahas metode algoritma D-star lite untuk *path planning* pada lingkungan yang dinamis menggunakan UAV (*unmanned aerial vehicle*) dan *mobile robot* [25], akan tetapi belum ada yang melakukan penelitian yang mengimplementasikan algoritma D-star lite untuk *path planning* pada *autonomous vehicle*. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan algoritma D-star lite untuk penentuan rute tercepat pada *autonomous electric vehicle*.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam pengembangan *autonomous electric vehicle* kemampuan dalam pengambilan rute terbaik untuk menuju posisi tujuan sangat diperlukan. Dalam pengambilan rute terbaik perlu mempertimbangkan beberapa hal seperti menghemat waktu yang diperlukan dan menghindari rute yang terlalu jauh. Selain mencari rute terbaik menuju tujuan, *autonomous electric vehicle* juga harus mempunyai kemampuan *replanning* rute yang diambil jika terdapat rintangan atau *obstacle* secara *real-time*. Selain itu, pada penelitian terdahulu, metode *path*

planning yang diterapkan masih dalam skala simulasi dan belum diimplementasikan ke *autonomous electric vehicle*.

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki beberapa tujuan seperti :

1. Merancang algoritma pencarian rute tercepat yang dapat bekerja pada rute dinamis pada *autonomous electric vehicle*.
2. Menguji *performance* dari algoritma D-star lite.

1.4 Batasan Masalah

Terdapat batasan-batasan pada penelitian ini, seperti :

1. Algoritma yang digunakan adalah algoritma D-star lite.
2. Dalam melakukan navigasi, *autonomous electric vehicle* menggunakan sensor GPS Ublox Neo M8N.
3. Rute yang digunakan berada di lingkungan kampus Universitas Sriwijaya.

1.5 Keaslian Penelitian

Telah terdapat beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang *path planning* dengan berbagai macam metode yang berbeda. Pada penelitian yang dilakukan oleh Li-sang Liu *et al.* [10], membahas tentang pencarian rute terbaik pada *smart car*. Pada penelitian ini digunakan metode Dijkstra untuk melakukan *global path planning* untuk mencari rute terbaik mencapai titik tujuan. Dikarenakan metode Dijkstra tidak dapat mengatasi rintangan (*obstacle*) yang berubah, maka pada penelitian ini metode Dijkstra digabungkan dengan metode *dynamic window approach* (DWA) sebagai *local path planning* untuk mengatasi rintangan yang berubah [10].

Shang Erke *et al.* [11], pada penelitiannya yang membahas penggunaan algoritma A-star yang telah dikembangkan dalam pencarian rute terbaik pada *autonomous land vehicle*. Pada penelitian ini algoritma A-star telah berhasil untuk digunakan untuk pencarian rute, tetapi pada penelitian ini rintangan (*obstacle*) yang digunakan untuk pengujian masih *static* (tidak berubah), dan dalam pengujiannya masih dalam proses simulasi [11].

Terdapat penelitian terdahulu yang membahas pengambilan rute menggunakan algoritma D-star lite. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kaili Xie *et al.* [23], pada penelitian ini dilakukan pengujian algoritma D-star lite yang telah dimodifikasi untuk pengambilan rute penerbangan pesawat yang bertujuan untuk menambah efisiensi dan keselamatan dari pesawat terbang. Pada penelitian ini hanya dilakukan proses simulasi pada aplikasi MATLAB [23].

Shin-nyeong Heo *et al.* [25], pada penelitiannya membahas tentang penggunaan algoritma D-star lite yang telah dimodifikasi dalam pengambilan rute terbaik menuju lokasi bencana alam menggunakan UAV (*unmanned aerial vehicle*) dan *mobile robot*. Pada penelitiannya menjelaskan bahwa penggunaan algoritma *auto splitting* D-star lebih optimal dalam pencarian rute dan mengatasi berbagai halangan *obstacle* daripada algoritma D-star tradisional pada peta yang berskala besar [25].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hussain and S. Zeadally, "Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 21, no. 2. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 1275–1313, Apr. 01, 2019. doi: 10.1109/COMST.2018.2869360.
- [2] J. Wang, Y. Yan, K. Zhang, Y. Chen, M. Cao, and G. Yin, "Path Planning on Large Curvature Roads Using Driver-Vehicle-Road System Based on the Kinematic Vehicle Model," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 71, no. 1, pp. 311–325, Jan. 2022, doi: 10.1109/TVT.2021.3130932.
- [3] C. Jung, D. Lee, B. Kim, and D. H. Shim, "Lane Level Path Planning for Urban Autonomous Driving using Vector Map," in *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Asia (ICCE-Asia)*, IEEE, Nov. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICCE-Asia49877.2020.9277298.
- [4] J. Yu, J. Hou, and G. Chen, "Improved Safety-First A-Star Algorithm for Autonomous Vehicles," *ICARM 2020 - 2020 5th IEEE Int. Conf. Adv. Robot. Mechatronics*, pp. 706–710, 2020, doi: 10.1109/ICARM49381.2020.9195318.
- [5] J. Chen *et al.*, "Path planning for autonomous vehicle based on a two-layered planning model in complex environment," *J. Adv. Transp.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/6649867.
- [6] A. H. Ahmad, O. Zahwe, A. Nasser, and B. Clement, "Path Planning Algorithms For Unmanned Aerial Vehicle: Classification, Performance, and Implementation," in *2023 3rd International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, IEEE, Jul. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICECCME57830.2023.10252168.
- [7] T. Suhendra *et al.*, "Jurnal Sustainable : Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Simulasi Kendali Pergerakan Mobile Robot Menggunakan Algoritma A-star dalam Menentukan Jarak Terpendek," vol. 06, no. 01, 2017.

- [8] S. Kadry, G. Alferov, and V. Fedorov, "D-Star Algorithm Modification," *Int. J. online Biomed. Eng.*, vol. 16, no. 8, pp. 108–113, 2020, doi: 10.3991/ijoe.v16i08.14243.
- [9] M. Aizat, A. Azmin, and W. Rahiman, "A Survey on Navigation Approaches for Automated Guided Vehicle Robots in Dynamic Surrounding," *IEEE Access*, vol. 11, no. April, pp. 33934–33955, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3263734.
- [10] L. S. Liu *et al.*, "Path Planning for Smart Car Based on Dijkstra Algorithm and Dynamic Window Approach," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/8881684.
- [11] S. Erke, D. Bin, N. Yiming, Z. Qi, X. Liang, and Z. Dawei, "An improved A-Star based path planning algorithm for autonomous land vehicles," *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, vol. 17, no. 5, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1177/1729881420962263.
- [12] X. Li, "Path planning of intelligent mobile robot based on Dijkstra algorithm," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2083, no. 4, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2083/4/042034.
- [13] N. F. Lakutu, S. L. Mahmud, M. R. Katili, and N. I. Yahya, "Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo," *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 55–65, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/Euler/article/view/18244>
- [14] R. R. Al Hakim *et al.*, "Aplikasi Algoritma Dijkstra dalam Penyelesaian Berbagai Masalah," *Expert J. Manaj. Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, p. 42, Jun. 2021, doi: 10.36448/expert.v11i1.1939.
- [15] D. Novita, "Literature Review: Perbandingan Algoritma A* dan Dijkstra dalam Pencarian Rute Terpendek," *Researchgate.Net*, no. May, 2021, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Dina-Novita-3/publication/351270416_Literature_Review_Perbandingan_Algoritma_A_dan_Dijkstra_dalam_Pencarian_Rute_Terpendek/links/608eacf2458515d31

5efa62b/Literature-Review-Perbandingan-Algoritma-A-dan-Dijkstra-dalam-Pe

- [16] M. Wiladi, “Penerapan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Pada Optimasi Jalur Evakuasi Banjir,” vol. 2, no. 1, pp. 25–38, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/Basis>
- [17] L. Musabbikhah, “Analisis Penggunaan Algoritma Dijkstra untuk Mencari Rute Terpendek di Rumah Sakit,” *Edu Elektr. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [18] D. Hermanto and S. Dermawan, “Penerapan Algoritma A-Star Sebagai Pencari Rute Terpendek pada Robot Hexapod,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, p. 122, 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n2.545.2018.
- [19] A. Candra, M. A. Budiman, and K. Hartanto, “Dijkstra’s and A-Star in Finding the Shortest Path: A Tutorial,” *2020 Int. Conf. Data Sci. Artif. Intell. Bus. Anal. DATABIA 2020 - Proc.*, pp. 28–32, 2020, doi: 10.1109/DATABIA50434.2020.9190342.
- [20] Y. Yan, “Research on the A Star Algorithm for Finding Shortest Path,” *Highlights Sci. Eng. Technol.*, vol. 46, pp. 154–161, Apr. 2023, doi: 10.54097/hset.v46i.7697.
- [21] A. C. Prasetyo, M. P. Arnandi, H. S. Hudnanto, and B. Setiaji, “Perbandingan Algoritma Astar dan Dijkstra Dalam Menentukan Rute Terdekat,” *Sisfotenika*, vol. 9, no. 1, p. 36, 2019, doi: 10.30700/jst.v9i1.456.
- [22] M. R. Wayahdi, S. H. N. Ginting, and D. Syahputra, “Greedy, A-Star, and Dijkstra’s Algorithms in Finding Shortest Path,” *Int. J. Adv. Data Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 45–52, 2021, doi: 10.25008/ijadis.v2i1.1206.
- [23] K. Xie, J. Qiang, and H. Yang, “Research and Optimization of D-Start Lite Algorithm in Track Planning,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 161920–161928, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3021073.
- [24] D. Yogaswara and S. Suhartono, “Perbandingan Algoritma A-Star dan

- Dijkstra pada Pencarian Jalur Evakuasi Tsunami Terpendek Menuju Shelter di Kabupaten Bantul Berbasis Aplikasi Android,” *J. Masy. Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 10–18, 2021, doi: 10.14710/jmasif.12.1.41018.
- [25] S. nyeong Heo, J. Chen, Y. chi Liao, and H. hyol Lee, “Auto-splitting D* lite path planning for large disaster area,” *Intell. Serv. Robot.*, vol. 15, no. 3, pp. 289–306, 2022, doi: 10.1007/s11370-022-00416-8.
- [26] S. Koenig and M. Likhachev, “Incremental A,” *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, 2002.
- [27] S. Koenig and M. Likhachev, “D* Lite,” *Proc. Natl. Conf. Artif. Intell.*, pp. 476–483, 2002.