

**SKRIPSI**  
**SISTEM MAPPING PADA AUTONOMOUS INTELLIGENT VEHICLES**  
**DENGAN ALGORITMA FASTSLAM 2.0**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada**  
**Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**  
**ABENG YOGTA**  
**03041181520007**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2020**

LEMBAR PENGESAHAN  
SISTEM MAPPING PADA *AUTONOMOUS INTELLIGENT VEHICLES*  
DENGAN ALGORITMA *FASTSLAM 2.0*



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

ABENG YOGTA

03041181520007

  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197108141999031005

Palembang, 15 April 2020  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama

  
Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.  
NIP : 197502112003121002

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.

Tanggal

: 15 / 04 / 2020

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abeng Yogta  
NIM : 03041181520007  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 1%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Sistem *Mapping* pada *Autonomous Intelligent Vehicles* dengan Algoritma *FastSLAM 2.0*” 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 April 2020



Abeng Yogta

NIM. 03041181520007

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

*Alhamdulillah rabbil'alamin*

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala serta shalawat dan salam agar tercurah kepada Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah Subhanahu wa ta'ala, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul "Sistem Mapping pada Autonomous Intelligent Vehicles dengan Algoritma FastSLAM 2.0".

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Terima kasih kepada Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir.
3. Dosen pembimbing akademik Bapak Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
4. Segenap Dosen Konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yaitu: Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M. T., Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S. T., M. S., Ibu

Hera Hikmarika, S.T., M. Eng., dan Bapak Ir. Zaenal Husin, M. Sc. yang telah banyak memberikan saran atas skripsi ini.

5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Seluruh Pegawai Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu selama perkuliahan.
7. Ayahanda(Bapak Muhammad Toha) serta Ibunda(Ibu Kusmiyati) dan Adinda M. Annasrul Karim yang selalu memberikan dukungan penuh.
8. Seluruh anggota keluarga yang telah mendukung penuh dalam penulisan skripsi ini.
9. Kepada Day Tri Nadia, S.T. atas segala dukungan dan semangat yang diberikan.
10. Teman-teman seperjuangan konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer Angkatan 2015 (Azmin Aulia, S.T., Meydie Tri Malindo, S.T., M. Aldan Ihsan Darmawan, Rahmad Rhedo Abdillah, S. T., M. Iqbal Agung Tri Putra, Nurhasanah, S.T., Alvio Yunita Putri, S.T., dkk) yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.
11. M. Iqbal Agung Tri Putra, S.T. sebagai teman dalam perjuangan akhir menyusun skripsi ini.
12. Teman satu tim dalam proses pengerjaan skripsi yaitu kak Lagga Daniardy, S.T., Aulia Ghaida, kak Ahmad Ramadhan, S.T., serta kak Noor Adibi Muhammad Thariq, S.T.
13. Teman-teman elektro Angkatan 2013 – 2017 yang telah membantu selama pembuatan skripsi ini.
14. Keluarga Besar UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya(Uni Ani Rahmi, S.T., Mbak Winta Efrinalia, S. T., Ibu Ratna Ningsih, S.T., rekan-rekan asisten laboratorium fisika dasar, dll.) yang telah mendukung dalam penulisan skripsi ini.
15. Pemerintah provinsi Sumatera Selatan atas bantuan berupa beasiswa Program Kuliah Gratis yang diberikan selama perkuliahan.

16. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Indralaya, 15 April 2020

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping lines and loops, positioned above the printed name.

Abeng Yogta

NIM. 03041181520007

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

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

Nama : Abeng Yogta  
NIM : 03041181520007  
Jurusan/Prodi : 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:

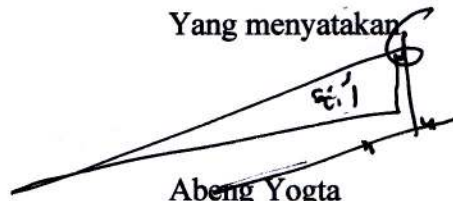
***Sistem Mapping pada Autonomous Intelligent Vehicles dengan Algoritma  
FastSLAM 2.0***

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 tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 16 April 2020

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Abeng Yogta', written over a horizontal line. The signature is slanted and includes some decorative flourishes.

Abeng Yogta

NIM. 03041181520007



## ABSTRAK

### **Sistem Mapping pada Autonomous Intelligent Vehicles dengan Algoritma FastSLAM 2.0**

(Abeng Yogta, 03041181520007, 2020, 80 halaman)

---

*Autonomous Intelligent Vehicles* memerlukan peta yang akurat agar dapat bergerak dari titik awal ke titik tujuan secara *autonomous*. Untuk membentuk peta tersebut digunakan algoritma *FastSLAM 2.0* dengan menggunakan kamera *monocular*. Metode ini diuji untuk membentuk peta lingkungan sekitar Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya. Metode yang diusulkan memanfaatkan ciri jalan yang dikenali dengan algoritma *FCNN* sebagai objek observasi dari algoritma *FastSLAM 2.0*. Penerapan metode ini berhasil membentuk peta yang mirip dengan *Google Maps* dengan menggunakan model observasi dari *FCNN* yang memiliki akurasi pelatihan 98,25% dan pengujian 71,082%. Peta yang berhasil dibentuk memiliki *IoU* sebesar 0.159 terhadap peta *Google Maps*. Hasil tersebut masih kurang baik namun peta tersebut sudah mampu membentuk peta dengan rute yang sesuai dengan *Google Maps*.

**Kata kunci:** *FastSLAM 2.0 (A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping), Autonomous Intelligent Vehicles, Mapping, Monocular. FCNN*



**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP : 197108141999031005

**Palembang, April 2020  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama**

**Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.**  
NIP : 197502112003121002

## ABSTRACT

### Mapping System for Autonomous Intelligent Vehicles using FastSLAM 2.0 Algorithm

(Abeng Yogta, 03041181520007, 2020, 80 pages)

---

Autonomous Intelligent Vehicles requires an accurate map to be able to move from the starting point to a autonomous destination. To form the map used the algorithm FastSLAM 2.0 using Monocular camera. This method was tested to form the environment map around the faculty of Engineering of Sriwijaya University campus Indralaya. The proposed method utilizes a recognizable road trait with the FCNN algorithm as an observation object from the algorithm FastSLAM 2.0. The implementation of this method successfully forms a map similar to Google Maps by using an observation model from FCNN that has 98.25% training accuracy and 71.082% test accuracy. A successfully formed map has IoU 0.159 against the map from Google Maps. The results are still not good but the map is already able to form a map with a route that corresponds to Google Maps.

**Keywords :** *FastSLAM 2.0 (A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping), Autonomous Intelligent Vehicles, Mapping, Monocular, FCNN.*

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP : 197108141999031005

**Palembang, April 2020  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama**



**Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.**  
NIP : 197502112003121002

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK</b>	viii
<b>KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xix
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Pembatasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Keaslian Penelitian</b> .....	3
<b>BAB II</b> .....	5
<b>KAJIAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1. State of the Art</b> .....	5
<b>2.2. Autonomous Intelligent Vehicles</b> .....	10
<b>2.3. Google Maps</b> .....	12
<b>2.4. Global Positioning System(GPS)</b> .....	13
<b>2.5. Simultaneous Localization and Mapping(SLAM)</b> .....	14

2.2.1. EKF SLAM.....	15
2.2.2. Fast SLAM .....	15
<b>2.6. Pengenalan Jalan .....</b>	<b>16</b>
2.6.1. Operasi Convolution.....	18
2.6.2. Fungsi Aktivasi .....	19
2.6.3. Model Optimizer .....	20
2.6.4. Loss Function .....	22
2.6.5. Uji Performansi Model .....	23
2.6.6. Transfer Learning .....	25
2.6.7. Dropout.....	26
2.6.8. Batch Normalization .....	26
<b>2.7. Kamera Monokular sebagai Odometer .....</b>	<b>27</b>
<b>2.8. Perangkat Keras .....</b>	<b>28</b>
2.7.1. Sensor Incremental Encoder.....	28
2.7.2. Sensor Magnetometer/Kompas.....	29
2.7.3. IP Camera.....	29
<b>2.9. Perangkat Lunak .....</b>	<b>30</b>
<b>BAB III.....</b>	<b>33</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1. Studi Literatur .....	34
3.2. Perancangan Sistem Mapping .....	34
3.3. Perakitan Komponen Elektrik .....	35
3.4. Pengambilan Data .....	36
3.5. Pemrograman Perangkat Lunak .....	37
3.6. Pengujian Peta .....	41
<b>BAB IV .....</b>	<b>42</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1. Pengambilan data .....	42
4.2. Pengenalan Jalan dengan Algoritma FCNN.....	46
4.3. Pelatihan dengan penambahan Dropout .....	48
4.4. Pelatihan dengan penambahan Dropout pada setiap setelah layer Convolution.....	51
4.5. Pelatihan dengan penambahan Batch Normalization.....	54
4.6. Pelatihan dengan penambahan Dropout dan Batch Normalization.	58

<b>4.7. Rangkuman Hasil Pelatihan Pengenalan Jalan dengan Algoritma FCNN</b> .....	60
<b>4.8. Evaluasi Performansi Algoritma FCNN</b> .....	62
<b>4.9. Pembentukan Peta dengan Algoritma yang diusulkan</b> .....	70
<b>BAB V</b> .....	73
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	73
<b>5.1. Kesimpulan</b> .....	73
<b>5.2. Saran</b> .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	74

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Arsitektur Road-SLAM[25].....	5
2.2	Hasil pemetaan dengan algoritma GraphSLAM[26].....	6
2.3	Arsitektur ORBSLAM2 dengan SSD Neural Network [27] .....	6
2.4	Hasil pembentukan peta dari algoritma FastSLAM 2.0 dengan Electric Vehicles Environment Simulator [21].....	7
2.5	peta sketsa tangan dan peta hasil yang dikombinasikan dengan gambar dari udara[20].....	7
2.6	Hasil percobaan dengan variasi jumlah partikel. Gambar kiri 10 partikel, gambar kanan 100 partikel[16] .....	8
2.7	Perbandingan EKF-SLAM dan FastSLAM pada pembentukan peta dengan banyak landmark [29] .....	9
2.8	Gambaran sistem pemetaan Arash robot[30] .....	9
2.9	Perbandingan FastSLAM 2.0 dengan FastSLAM 2.0 yang telah dimodifikasi[31] .....	10
2.10	Empat teknologi dasar pada Autonomous Intelligent Vehicles[1].....	11
2.11	Proses Vehicles Localization and Map Building[1] .....	11
2.12	topological map dan grid map[22].....	14
2.13	Perbandingan gambar peta tanpa filter dan dengan filter[22] .....	15
2.14	Perbandingan akurasi FastSLAM 2.0 dan FastSLAM 1.0[35].....	16
2.15	Beberapa Arsitektur FCNN[42].....	17
2.16	Ilustrasi Operasi Convolutional Layer.....	17
2.17	Ilustrasi Operasi Max Pooling Layer.....	18
2.18	Ilustrasi Operasi Upsampling pada FCN-8s [42] .....	18
2.19	Ilustrasi transposed convolutional layer[44].....	19
2.20	Ilustrasi SGD dengan Momentum dan SGD dengan Nesterov Momentum	

2.21	Algoritma Adam Optimizer[48] .....	21
2.22	Perbandingan Error Beberapa Model Optimizer [48] .....	21
2.23	Sinyal Error Categorical Cross Entropy Error vs Mean Square Error[49] 22	
2.24	Contoh Transfer Learning[53] .....	25
2.25	Arsitektur VGG-16[55] .....	26
2.26	Perbandingan operasi layer biasa terhadap layer dengan dropout[56] .....	26
2.27	Perbandingan akurasi MNIST Network dengan dan tanpa penambahan Batch Normalization[57] .....	27
2.28	Model trigonometri dari kamera monocular dan obyek .....	27
2.29	Konstruksi Incremental Encoder[60].....	28
2.30	Sinyal pulsa yang dihasilkan oleh encoder[60] .....	28
2.31	Perbandingan Waktu Komputasi OpenCV dan MATLAB .....	31
2.32	Perbandingan waktu training beberapa library [64] .....	31
2.33	Spesifikasi Google Colaboratory .....	32
3.1	Flowchart Penelitian .....	33
3.2	Proses pembentukan peta dengan metode yang diusulkan .....	34
3.3	Kamera melakukan observasi seperti lidar .....	35
3.4	Rangkaian Elektrik Datalogger.....	35
3.5	Rute perjalanan Electric Vehicles .....	36
3.6	Contoh pendeteksian jalan .....	37
3.7	Proses Pendeteksian Jalan.....	38
3.8	Arsitektur FCNN yang digunakan .....	38
3.9	Log pembelajaran beberapa uji coba pelatihan .....	39
3.10	Akurasi dan error beberapa uji coba pelatihan .....	40
3.11	Beberapa model hasil pelatihan yang disimpan.....	40
4.1	Sampel data dari datalogger.....	41
4.2	Data Encoder sebelum dikompensasi .....	42
4.3	Algoritma kompensasi data encoder yang digunakan .....	42
4.4	Data Encoder setelah dikompensasi .....	43
4.5	Sampel data gambar dari kamera depan .....	43
4.6	Contoh pembuatan Ground Truth.....	44

4.7	Arsitektur FCNN yang digunakan .....	45
4.8	Grafik Error Training FCNN .....	45
4.9	Grafik Akurasi Training FCNN.....	46
4.10	Arsitektur FCNN dengan Dropout.....	47
4.11	Grafik error pelatihan dengan Dropout.....	48
4.12	Grafik akurasi pelatihan dengan Dropout.....	49
4.13	Arsitektur FCNN dengan Batch Normalization .....	50
4.14	Grafik Error Training FCNN dengan Batch Normalization .....	51
4.15	Grafik Akurasi Training FCNN dengan Batch Normalization.....	52
4.16	Grafik Akurasi pengenalan jalan tiap frame .....	53
4.17	Grafik Interval Akurasi Pengujian Adam dan SGD .....	54
4.18	Peta yang dibentuk algoritma yang diusulkan dan peta dari Google Maps	55
4.19	Ground Truth peta dari Google Maps.....	56



## DAFTAR TABEL

2.1	Confusion Metric[47] .....	23
2.2	Classification Performance Metric[47] [48] [49] .....	23
4.1	Tabel Pengujian Pengenalan Jalan .....	52
4.2	Evaluasi Algoritma FCNN untuk pengenalan jalan .....	53
4.3	Tabel Confusion Metric Peta yang dibentuk .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Algoritma FastSLAM 2.0
Lampiran II	Daftar Perangkat Keras yang digunakan
Lampiran III	Daftar Perangkat Lunak yang digunakan
Lampiran IV	Arsitektur Fully Convolutional Neural Network yang digunakan
Lampiran V	Hasil Training dan Akurasi Algoritma Fully Convolutional Neural Network
Lampiran VI	Hasil Training dan Akurasi dengan penambahan Dropout
Lampiran VII	Hasil Training dan Akurasi dengan penambahan Dropout pada tiap layer sebelum convolutional
Lampiran VIII	Hasil Training dan Akurasi dengan penambahan Batch Normalization
Lampiran IX	Hasil Training dan Akurasi dengan penambahan Dropout dan Batch Normalization
Lampiran X	Tabel Pengujian Pengenalan Jalan
Lampiran XI	Publikasi Karya Ilmiah
Lampiran XII	Hasil Pengecekan Plagiat dengan Turnitin

## NOMENKLATUR

$fp$	: False Positive
$fn$	: False Negatif
$s_t$	: pose kendaraan pada waktu $t$
$\theta_n$	: posisi landmark ke- $n$
$\Theta$	: himpunan semua posisi landmark
$z_t$	: hasil observasi sensor pada waktu $t$
$z^t$	: himpunan dari hasil observasi sensor $\{z_1, \dots, z_n\}$
$u_t$	: kontrol kendaraan pada waktu $t$
$u^t$	: himpunan kontrol kendaraan $\{u_1, \dots, u_t\}$
$n_t$	: asosiasi data dari hasil observasi pada waktu $t$
$n^t$	: himpunan dari semua asosiasi data $\{n_1, \dots, n_t\}$
$h(s_{t-1}, u_t)$	: model gerakan dari kendaraan
$P_t$	: noise pada pergerakan kendaraan yang telah dilinearisasi
$g(s_t, \Theta, n_t)$	: Model pengukuran kendaraan
$R_t$	: model pengukuran kendaraan
$tp$	: True Positive
$tn$	: True Negative
$\hat{z}_{n_t}$	: pengukuran sebenarnya dari landmark ke $n_t$
$z_t - \hat{z}_{n_t}$	: perbedaan pengukuran observasi
$Z_t$	: matriks kovarian
$S_t$	: kumpulan partikel FastSLAM pada waktu $t$
$S_t^{[m]}$	: partikel FastSLAM ke $m$ pada waktu $t$
$\mu_{n,t}^{[m]}$	: nilai mean landmark ke $n$ pada partikel ke $m$
$\Sigma_{n,t}^{[m]}$	: nilai kovarian landmark ke $n$ pada partikel ke $m$
$N(x; \mu, \Sigma)$	: distribusi normal dari $x$ dengan mean $\mu$ dan kovarian $\Sigma$

$w_t^{[m]}$  : bobot penting pada partikel ke m

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Autonomous Intelligent Vehicles adalah suatu teknologi yang memungkinkan sebuah kendaraan memiliki kemampuan untuk dapat mengendarai dirinya secara otomatis. Kemampuan itu dapat dimiliki oleh Autonomous Intelligent Vehicles dengan dukungan dari empat teknologi yaitu path planning dan decision making, localization dan map building, environment modelling dan perception, dan kontrol gerakan[1,2]. Path planning pada Autonomous Intelligent Vehicles berfungsi untuk menentukan rute terdekat dari titik awal ke titik tujuan yang telah ditentukan. Sehingga kendaraan dapat melakukan penghematan energi dan efisiensi waktu tempuhnya[3-5]. Peta dan posisi Autonomous Intelligent Vehicles diperlukan untuk menentukan rute terdekat .

Posisi dari Autonomous Intelligent Vehicles merupakan bagian penting yang menentukan posisi jalan yang sedang dilalui pada peta[5]. Salah satu peta yang dapat digunakan ialah Google Maps API tetapi informasi tentang jalan yang diberikan tidak akurat [7,8]. Google Maps API juga tidak memuat semua informasi yang ada dan tidak memberikan perubahan secara langsung apabila terjadi perubahan kondisi lingkungan seperti adanya pergeseran penanda, serta tidak dapat disesuaikan tampilannya secara langsung[8]. Sementara untuk beberapa keperluan diperlukan peta khusus yang akurat[9]. Google Maps API juga sangat bergantung pada penggunaan Global Positioning System(GPS). Penggunaan GPS memiliki kelemahan yaitu akurasi yang kecil didalam ruangan[10], beberapa area yang tidak terjangkau sinyal GPS[11], dan kesalahan posisi(koordinat keluaran GPS)[13,14]. Berdasarkan kelemahan tersebut, Google Maps API tidak dapat digunakan pada lingkungan yang tidak terjangkau GPS, lingkungan yang informasinya tidak

lengkap atau tidak diketahui pada Google Maps, serta navigasi kendaraan Autonomous yang memerlukan peta dan posisi yang akurat.

Peta yang akurat sangat diperlukan untuk keamanan kendaraan[15,16] dalam melakukan navigasi. Selain peta juga diperlukan posisi dari kendaraan tersebut seperti halnya pada saat ingin pergi dari suatu tempat ke tempat yang lain maka harus diketahui dimana posisinya saat itu dan petanya secara bersamaan. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan Simultaneous Localization and Mapping(SLAM)[16].

Riset tentang SLAM pernah dilakukan dengan berbagai metode yang ada seperti metode EKF-SLAM[17]. EKF-SLAM menggunakan state vector untuk menyimpan sejumlah landmark yang terbatas dengan komputasi yang kompleks sehingga bila EKF-SLAM digunakan diluar ruangan yang memiliki banyak obyek perlu adanya peningkatan untuk mengurangi komputasi EKF-SLAM yang kompleks[17,19-22]. Untuk mengatasi kelemahan tersebut digunakan algoritma FastSLAM(A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping) 1.0. Namun, FastSLAM 1.0 juga memiliki kelemahan yaitu saat model pergerakannya memiliki banyak gangguan dari extroceptive sensor. Kemudian kelemahan ini diatasi dengan FastSLAM 2.0 yang menggunakan Rao-Blackwellised pada partikel filternya [17,19,20].

Riset mengenai FastSLAM 2.0 oleh peneliti lain menggunakan gambar yang dibentuk dengan coretan tangan sebagai peta awal estimasi lokasi bangunan dan mengkombinasikan algoritma FastSLAM dengan Particle Swarm Optimization(PSO) untuk membentuk peta[20]. Namun, dalam penggambaran peta awalnya harus memperhatikan dengan baik akurasi dari skala bangunan dan jalan yang ada. Ada juga peneliti yang berusaha untuk mengaplikasikan FastSLAM 2.0 sebagai Embedded System dengan harga yang murah namun dalam pengujiannya dilakukan dalam ruangan menggunakan Electric Vehicles Environment Simulator[21].

Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai penggunaan FastSLAM 2.0 pada lingkungan luar ruangan untuk kendaraan mobil listrik(sebagai Autonomous Intelligent Vehicles).

## **1.2 Perumusan Masalah**

Pada bagian latar belakang dijelaskan bahwa peta yang dihasilkan oleh Google Maps memerlukan penggunaan GPS yang memiliki beberapa kelemahan seperti bergantung pada sinyal dari satelit, serta informasi yang diberikan tidak mendetail karena bergantung pada umpan balik pengguna. Hal tersebut membuat Autonomous Intelligent Vehicles yang dijalankan pada lingkungan dengan sinyal GPS yang kecil harus mempunyai peta tersendiri. Metode yang dapat digunakan untuk membentuk peta adalah SLAM dengan berbagai algoritma salah satunya adalah FastSLAM 2.0. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pembentukan peta dengan algoritma FastSLAM 2.0.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Membentuk peta tanpa menggunakan GPS
2. Menguji performansi FastSLAM 2.0 pada lingkungan luar ruangan untuk membentuk peta dengan mobil listrik.

## **1.4 Pembatasan Masalah**

Permasalahan dalam tugas akhir ini dibatasi dalam lingkup :

1. Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah Electric Vehicles
2. Pemetaan luar ruangan dilakukan dengan memetakan lingkup lingkungan Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.
3. Data yang diolah adalah data dari magnetometer, dan video kamera depan
4. Arsitektur Deep Learning yang digunakan untuk pengenalan jalan adalah Fully Convolutional Neural Network

## **1.5 Keaslian Penelitian**

Riset tentang penggunaan algoritma FastSLAM 2.0 pernah dilakukan dengan melakukan simulasi pada Robot Environment Simulator dengan lingkungan dalam ruangan. Penelitian ini menunjukkan penggunaan algoritma FastSLAM 2.0

dapat dilakukan pada arsitektur yang murah namun penelitian ini dilakukan dengan simulasi pada Robot Environment Simulator pada lingkungan dalam ruangan[21].

Penelitian lain dilakukan dengan menggunakan algoritma FastSLAM 2.0 sebagai algoritma utama dan algoritma Random Sampling Consensus(RANSAC) pada ekstraksi fitur. Penelitian ini dilakukan dengan menguji mobile robot pada lingkungan dalam ruangan dengan asumsi obyek yang diobservasi adalah dinding[16].

Penelitian FastSLAM 2.0 pada lingkungan luar ruangan sudah dilakukan dengan mengkombinasikan algoritma FastSLAM 2.0 dan Particle Swarm Optimization(PSO) dalam pembentukan peta. Namun, diperlukan gambar sketsa lingkungan seperti gedung dan jalan menggunakan coretan tangan dengan skala yang akurat[20].

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, penulis memilih metode FastSLAM 2.0 untuk diterapkan di lingkungan outdoor(Universitas Sriwijaya) pada Electric Vehicles untuk membentuk topological map.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Cheng, *Autonomous Intelligent Vehicles Theory, Algorithms, and Implementation*, vol. 1. New York: Springer, 2015.
- [2] H. Zhu, K. V. Yuen, L. Mihaylova, and H. Leung, "Overview of Environment Perception for Intelligent Vehicles," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 10, pp. 2584–2601, 2017.
- [3] G. Gramajo and P. Shankar, "Path-planning for an unmanned aerial vehicle with energy constraint in a search and coverage mission," *2016 IEEE Green Energy Syst. Conf. IGSEC 2016*, 2016.
- [4] Y. Yang, X. Jianhua, Z. Jianghua, and L. Shouyi, "Design and implementation of campus spatial information service based on Google maps," *Proc. - Int. Conf. Manag. Serv. Sci. MASS 2009*, 2009.
- [5] A. Broggi, A. Zelinsky, M. Parent, and C. E. Thorpe, *Springer handbook of robotics*, vol. 46, no. 06. 2013.
- [6] J. Y. Lin, B. K. Yang, T. A. Do, and H. C. Chen, "The accuracy enhancement of GPS track in google Map," *Proc. - 2013 8th Int. Conf. Broadband, Wirel. Comput. Commun. Appl. BWCCA 2013*, pp. 524–527, 2013.
- [7] L. Zhijian and H. Li, "The study and implementation of mobile GPS navigation system based on Google Maps," *Proc. ICCIA 2010 - 2010 Int. Conf. Comput. Inf. Appl.*, pp. 87–90, 2010.
- [8] S. Li, "A method for building thematic map of GIS based on Google Maps API," *Proc. - 2011 19th Int. Conf. Geoinformatics, Geoinformatics 2011*, no. 40801161, 2011.
- [9] Y. C. Lee, Christiand, S. H. Park, W. Yu, and S. H. Kim, "Topological map

- building for mobile robots based on GIS in urban environments,” URAI 2011 - 2011 8th Int. Conf. Ubiquitous Robot. Ambient Intell., pp. 790–791, 2011.
- [10] Sushma and S. Ambareesh, “Indoor navigation using QR code based on google maps for ios,” Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2017, vol. 2018-Janua, pp. 1700–1705, 2018.
- [11] M. Ang et al., “Autonomous Exploration and Mapping System Using Heterogeneous UAVs and UGVs in GPS-denied Environments,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. PP, no. c, pp. 1–1, 2019.
- [12] H. Hui, X. Luchao, and Z. Yuguang, “The study on position error correction of C/A code GPS receiver,” 2008 IEEE Int. Symp. Knowl. Acquis. Model. Work. Proceedings, KAM 2008, pp. 719–722, 2008.
- [13] X. Y. Lin, L. Liu, and H. Z. Luo, “Research on the method of eliminating gross error of GPS output information,” Proc. - 4th Int. Conf. Inf. Comput. ICIC 2011, pp. 46–49, 2011.
- [14] J. Liu, B. Cai, Y. Wang, and J. Wang, “Generating Enhanced Intersection Maps for Lane Level Vehicle Positioning based Applications,” Procedia - Soc. Behav. Sci., vol. 96, no. Cictp, pp. 2395–2403, 2013.
- [15] G. Li, H. Bao, B. Wang, and T. Wu, “Kernelised Rényi Distance for Localization and Mapping of Autonomous Vehicle,” Proc. - 13th Int. Conf. Comput. Intell. Secur. CIS 2017, vol. 2018-Janua, pp. 69–72, 2018.
- [16] D. Kumiawan, A. N. Jati, and U. Sunarya, “A study of 2D indoor localization and mapping using FastSLAM 2.0,” ICCEREC 2016 - Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy, Commun. 2016, Conf. Proc., pp. 152–156, 2017.
- [17] X. Xie, Y. Yu, X. Lin, and C. Sun, “An EKF SLAM algorithm for mobile robot with sensor bias estimation,” Proc. - 2017 32nd Youth Acad. Annu. Conf. Chinese Assoc. Autom. YAC 2017, pp. 281–285, 2017.
- [18] F. Zhang, S. Li, S. Yuan, E. Sun, and L. Zhao, “Algorithms analysis of mobile robot SLAM based on Kalman and particle filter,” Proc. 2017 9th Int. Conf. Model. Identif. Control. ICMIC 2017, vol. 2018-March, no. Icmic,

- pp. 1050–1055, 2018.
- [19] Z. Kurt-Yavuz and S. Yavuz, “A comparison of EKF, UKF, FastSLAM2.0, and UKF-based FastSLAM algorithms,” INES 2012 - IEEE 16th Int. Conf. Intell. Eng. Syst. Proc., pp. 37–43, 2012.
  - [20] K. Matsuo and J. Miura, “Outdoor visual localization with a hand-drawn line drawing map using FastSLAM with PSO-based mapping,” IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst., pp. 202–207, 2012.
  - [21] M. Abouzahir, A. Elouardi, and S. Bouaziz, “FastSLAM 2.0 Running On a Low-Cost Embedded Architecture,” vol. 2014, no. December, pp. 10–12, 2014.
  - [22] A. A. Ravankar, A. Ravankar, T. Emaru, and Y. Kobayashi, “A hybrid topological mapping and navigation method for large area robot mapping,” 2017 56th Annu. Conf. Soc. Instrum. Control Eng. Japan, SICE 2017, vol. 2017-Novem, pp. 1104–1107, 2017.
  - [23] H. Wang, C. Zhang, Y. Song, and B. Pang, “Mobile robot SLAM methods improved for adapting to search and rescue environments,” Proc. - 2017 Chinese Autom. Congr. CAC 2017, vol. 2017-Janua, pp. 988–993, 2017.
  - [24] D. Van Nguyen, F. Nashashibi, T. K. Dao, and E. Castelli, “Improving poor GPS area localization for intelligent vehicles,” IEEE Int. Conf. Multisens. Fusion Integr. Intell. Syst., vol. 2017-Novem, no. Mfi, pp. 417–421, 2017.
  - [25] J. Jeong, Y. Cho, and A. Kim, “Road-SLAM : Road marking based SLAM with lane-level accuracy,” IEEE Intell. Veh. Symp. Proc., vol. 4, pp. 1736–1743, 2017.
  - [26] Z. Wang, X. Zhao, and Z. Xu, “Offline mapping for autonomous vehicles with low-cost sensors,” Comput. Electr. Eng., vol. 82, pp. 1–11, 2020.
  - [27] L. Xiao, J. Wang, X. Qiu, Z. Rong, and X. Zou, “Dynamic-SLAM : Semantic monocular visual localization and mapping based on deep learning in dynamic environment,” Rob. Auton. Syst., vol. 117, pp. 1–16, 2019.

- [28] H. Strasdat, J. M. M. Montiel, and A. J. Davison, “Real-time Monocular SLAM: Why Filter?,” *IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, no. 316, pp. 2567–2664, 2010.
- [29] A. Monjazebe, J. Z. Sasiadek, and D. Neculescu, “Autonomous navigation among large number of nearby landmarks using FastSLAM and EKF-SLAM - A comparative study,” *2011 16th Int. Conf. Methods Model. Autom. Robot. MMAR 2011*, pp. 369–374, 2011.
- [30] E. Ahmadi, A. Meghdari, and M. Alemi, “A Socially Aware SLAM Technique Augmented by Person Tracking Module,” *J. Intell. Robot. Syst. Theory Appl.*, 2019.
- [31] Q. L. Li, Y. Song, and Z. G. Hou, “Neural network based FastSLAM for autonomous robots in unknown environments,” *Neurocomputing*, vol. 165, pp. 99–110, 2015.
- [32] S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox, *Probabilistic Robotics*. Mit Press, 2005.
- [33] Y. Wang, W. Zhang, and P. An, “A survey of simultaneous localization and mapping on unstructured lunar complex environment,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1890, no. October, 2017.
- [34] Michael Montemerlo et al., *FastSLAM - A Scalable Method for the Simultaneous Localization and Mapping Problem in Robotics*, vol. 26, no. 1. 2007.
- [35] M. Montemerlo, “FastSLAM: A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem With Unknown Data Association,” *Carnegie Mellon University*, 2003.
- [36] S. Zhou, J. Gong, G. Xiong, H. Chen, and K. Iagnemma, “Road detection using support vector machine based on online learning and evaluation,” *IEEE Intell. Veh. Symp. Proc.*, pp. 256–261, 2010.
- [37] M. V. G. Aziz, H. Hindersah, and A. S. Prihatmanto, “Implementation of vehicle detection algorithm for self-driving car on toll road cipularang using Python language,” *Proceeding - 4th Int. Conf. Electr. Veh. Technol. ICEVT*

- 2017, vol. 2018-Janua, pp. 149–153, 2018.
- [38] Y. Timar and F. Alagöz, “Lane detection for intelligent vehicles in challenging scenarios,” Proc. - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Syst. Networks, CICSyN 2010, pp. 37–43, 2010.
- [39] Caroline, A. Yogta, R. Thayeb, S. Dwijayanti, and B. Y. Suprpto, “Identifikasi Jalan Kampus Universitas Sriwijaya Berbasis Fully Convolutional Networks JSE-353 JSE-354,” vol. 4, no. 1, pp. 353–358, 2020.
- [40] J. Zang, W. Zhou, G. Zhang, and Z. Duan, “Traffic Lane Detection using Fully Convolutional Neural Network,” 2018 Asia-Pacific Signal Inf. Process. Assoc. Annu. Summit Conf. APSIPA ASC 2018 - Proc., no. November, pp. 305–311, 2019.
- [41] L. R. T. Horita and V. Grassi, “Employing a fully convolutional neural network for road marking detection,” Proc. - 2017 LARS 14th Lat. Am. Robot. Symp. 2017 5th SBR Brazilian Symp. Robot. LARS-SBR 2017 - Part Robot. Conf. 2017, vol. 2017-Decem, pp. 1–6, 2017.
- [42] J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, “Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation,” 2015 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., pp. 3431–3440, 2015.
- [43] V. Dumoulin and F. Visin, “A guide to convolution arithmetic for deep learning,” arXiv e-prints, pp. 1–31, 2016.
- [44] H. Gao, H. Yuan, Z. Wang, S. Ji, and S. Member, “Pixel Transposed Convolutional Networks,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE, 2019.
- [45] M. S. Wibawa, “Pengaruh Fungsi Aktivasi , Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap Performa Jaringan Saraf Tiruan,” J. Sist. dan Inform., vol. 11, no. 2, pp. 167–174, 2017.
- [46] H. Ide and T. Kurita, “Improvement of learning for CNN with ReLU activation by sparse regularization,” Proc. Int. Jt. Conf. Neural Networks,

- vol. 2017-May, pp. 2684–2691, 2017.
- [47] I. Sutskever, J. Martens, G. Dahl, and G. Hinton, “On the importance of initialization and momentum in deep learning,” 30th Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2013, no. PART 3, pp. 2176–2184, 2013.
  - [48] D. P. Kingma and J. L. Ba, “Adam: A method for stochastic optimization,” 3rd Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2015 - Conf. Track Proc., pp. 1–15, 2015.
  - [49] P. Golik, P. Doetsch, and H. Ney, “Cross-entropy vs. Squared error training: A theoretical and experimental comparison,” Proc. Annu. Conf. Int. Speech Commun. Assoc. INTERSPEECH, no. August, pp. 1756–1760, 2013.
  - [50] M. Sokolova and G. Lapalme, “A systematic analysis of performance measures for classification tasks,” Inf. Process. Manag., vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009.
  - [51] D. Chicco and G. Jurman, “The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation,” BMC Genomics, vol. 21, no. 1, p. 6, 2020.
  - [52] R. Shi, K. N. Ngan, and S. Li, “Jaccard index compensation for object segmentation evaluation,” IEEE Int. Conf. Image Process., pp. 4457–4461, 2014.
  - [53] Q. Yang, Y. Zhang, W. Dai, and S. J. Pan, Transfer Learning, vol. 53, no. 9. Cambridge University Press, 2020.
  - [54] O. Russakovsky et al., “ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge,” Int. J. Comput. Vis., vol. 115, no. 3, pp. 211–252, 2015.
  - [55] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” 3rd Int. Conf. Learn. Represent. ICLR 2015 - Conf. Track Proc., pp. 1–14, 2015.
  - [56] N. Srivasta, G. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, and R. Salakhutdinov, “Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting,”

- Mach. Learn. Res., vol. 15, pp. 1929–1958, 2014.
- [57] S. Ioffe and C. Szegedy, “Batch Normalization : Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift,” in Proceedings of the 32nd International Conference on International Conference on Machine Learning, 2015, vol. 37, pp. 448–456.
- [58] Y. Salih and A. S. Malik, “Depth and geometry from a single 2D image using triangulation,” Proc. 2012 IEEE Int. Conf. Multimed. Expo Work. ICMEW 2012, pp. 511–515, 2012.
- [59] S. V. F. Barreto, R. E. Sant’Anna, and M. A. F. Feitosa, “A method for image processing and distance measuring based on laser distance triangulation,” Proc. IEEE Int. Conf. Electron. Circuits, Syst., pp. 695–698, 2013.
- [60] A. Király and J. Abonyi, “Computational Intelligence in Engineering,” Stud. Comput. Intell., vol. 313, no. October, pp. 141–151, 2010.
- [61] J. H. Wang and Y. Gao, “A new magnetic compass calibration algorithm using neural networks,” Meas. Sci. Technol., vol. 17, no. 1, pp. 153–160, 2006.
- [62] S. Ludwig, “Pro’s and Cons for IP vs. Analog Video Surveillance.” [Online]. Available: <https://www.securitymagazine.com/articles/88854-pros-and-cons-for-ip-vs-analog-video-surveillance>. [Accessed: 01-Oct-2019].
- [63] S. Matuska, R. Hudec, and M. Benco, “The comparison of CPU time consumption for image processing algorithm in Matlab and OpenCV,” Proc. 9th Int. Conf. ELEKTRO 2012, pp. 75–78, 2012.
- [64] M. Abadi et al., “TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning,” in 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 2016, pp. 582–598.
- [65] T. Carneiro, R. V. M. Da Nobrega, T. Nepomuceno, G. Bin Bian, V. H. C. De Albuquerque, and P. P. R. Filho, “Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications,” IEEE Access, vol. 6, pp. 61677–61685, 2018.

- [66] X. Glorot and Y. Bengio, “Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks,” *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 9, pp. 249–256, 2010.
- [67] J. Hoffman, *Mastering Arduino*. Birmingham: Packt Publishing, 2018.
- [68] K. Adi and C. E. Widodo, “Distance Measurement With a Stereo Camera,” *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 11, no. 11, pp. 24–27, 2017.
- [69] Y. D. Salman, K. R. Ku-mahamud, and E. Kamioka, “Distance Measurement for Self-Driving Cars Using Stereo Camera,” *Proceeding 6Th Int. Conf. Comput. Informations*, no. 105, pp. 235–242, 2017.
- [70] C. C. Wang, C. Thorpe, S. Thrun, M. Hebert, and H. Durrant-Whyte, “Simultaneous localization, mapping and moving object tracking,” *Int. J. Rob. Res.*, vol. 26, no. 9, pp. 889–916, 2007.