

**IMPLEMENTASI *AUTOMATION VEHICLE CLASSIFICATION*  
BERBASIS LIDAR DAN *POINT CLOUD LIBRARY***

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhammad Naufal Makarim

220341036



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA  
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2024**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Naufal Makarim  
NIM : 220341036  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Automation Vehicle Classification* berbasis LiDAR dan *Point Cloud Library*

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 7 – Agustus – 2024  
Yang Menyatakan,

(Muhammad Naufal Makarim)  
NIM 220341036

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Naufal Makarim  
NIM : 220341036  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Automation Vehicle Classification* berbasis LiDAR dan *Point Cloud Library*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 7 – Agustus – 2024  
Yang Menyatakan,

(Muhammad Naufal Makarim)  
NIM 220341036

## **MOTO PRIBADI**

I guess I like who I am now. I'd just like to have a little more internal peace. I'm sure everybody would.

-Axl Rose

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “IMPLEMENTASI *AUTOMATION VEHICLE CLASSIFICATION* BERBASIS LIDAR DAN *POINT CLOUD LIBRARY*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.St., M.T., M.Sc. Eng.
4. Para Pembimbing tugas akhir Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., M.Sc. Eng., Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T., dan Bapak Agil Calfarera, S.Tr.T.
5. Seluruh karyawan PT. Tigaresi Bangun Nusaperdana yang sudah membimbing dan membantu sedari awal proses pengerjaan tugas akhir.

6. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Sandy Bhawana Mulia, S.Pd., M.T., Bapak Hendy Rudiansyah, S.T., M.Eng., dan Bapak Sarosa Castrena Abadi, S.Pd, M.T.
7. Seluruh panitia tugas akhir.
8. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Mamay Siti Maisyarah (Ibu) dan Dadang Syarifuddin (Bapak) yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Untuk kakak dan adik yang telah mendo'akan dan mendukung dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
10. Untuk sahabat – sahabat saya yang sudah mendukung, membantu, dan mengingatkan hal-hal yang harus dilakukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 7 Agustus 2024

Muhammad Naufal Makarim

## ABSTRAK

Sistem deteksi dan klasifikasi menjadi sebuah hal yang penting dimasa kini untuk mewujudkan keamanan, kenyamanan, dan keselamatan berlalu lintas seiring meningkatnya penggunaan kendaraan. Seiring berjalannya waktu penggunaan LiDAR untuk mendeteksi dan klasifikasi kendaraan yang diintegrasikan dengan Point Cloud Library untuk proses penggolongan kendaraan pada jalan bebas hambatan. Pada penelitian sebelumnya, proses deteksi dilakukan dengan menggunakan metode pembacaan plat nomer kendaraan, akan tetapi proses deteksi menggunakan pembacaan plat nomer kendaraan mengalami penurunan keakuratan pendeteksian pada malam hari dan padat kendaraan. Terdapat banyak cara untuk mendeteksi dan melakukan penggolongan kendaraan, diantaranya menghubungkan LiDAR dengan Point Cloud Library ini, dengan metode mengambil data dengan menggunakan LiDAR dan di visualisasikan secara 3D dengan menggunakan Point Cloud Library untuk menghasilkan model 3D untuk menghindari penurunan keakuratan yang disebabkan oleh kondisi malam hari dan padat kendaraan dengan menggunakan salah satu fitur visualisasi Triangulation pada Point Cloud Library. Dengan menggunakan LiDAR proses deteksi dapat dioptimalkan tingkat keakuratannya hingga 99,45%.

**Kata kunci:** Klasifikasi, Deteksi, Lidar, *Point Cloud Library*, Kendaraan

## ABSTRACT

*Detection and classification systems have become important nowadays to achieve security, comfort, and traffic safety as vehicle use increases. Over time, the use of LiDAR to detect and classify vehicles has been integrated with the Point Cloud Library for the process of classifying vehicles on highway. In previous research, the detection process was carried out using the vehicle number plate recognize method, however, the detection process using vehicle number plate recognize experienced a decrease in detection accuracy at night and with dense vehicles. There are many ways to detect and classify vehicles, including connecting LiDAR with the Point Cloud Library, by taking data using LiDAR and visualizing it in 3D using the Point Cloud Library to produce a 3D model to avoid decreasing accuracy caused by night conditions. and dense vehicles using one of the triangulation visualization features in the Point Cloud Library. By using LiDAR the detection process can be optimized for an accuracy level of up to 99,45%.*

**Keywords:** *Classification, Detection, Lidar, Point Cloud Library, Vehicle*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTO PRIBADI</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>I BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
I.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>II BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
II.1 Tinjauan Teori .....	5
II.1.1 LiDAR.....	5
II.1.2 Point Cloud .....	5
II.1.3 Komunikasi Data.....	5
II.1.4 Vehicle Type Recognition.....	6
II.1.5 TCP/IP.....	6
II.2 Tinjauan Alat.....	7
II.2.1 Router.....	7
II.2.2 Network Video Recorder .....	7
II.2.3 EGP2-X401   M2 Serial RS-485 dan RS-232 .....	8
II.2.4 ATMEGA328.....	8
II.2.5 Wafer TGL U .....	9
II.2.6 LiDAR.....	9
II.2.7 Point Cloud Library .....	12

II.3	Studi Penelitian Terdahulu .....	14
<b>III</b>	<b>BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....</b>	<b>17</b>
III.1	Penerapan Fishbone Diagram Method.....	17
III.1.1	Requirement System .....	18
III.1.2	Design System.....	19
III.1.3	Implementation and Unit Testing.....	27
III.1.4	Integration and System Testing.....	27
<b>IV</b>	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
IV.1	Implementation and Unit Testing.....	28
IV.2	Integration and System Testing.....	44
IV.3	Pengujian Sistem dengan Penggolongan dan Jumlah Roda.....	45
IV.4	Pengujian Akurasi .....	47
IV.5	Pengujian Point Cloud Library .....	53
<b>V</b>	<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
V.1	Kesimpulan.....	56
V.2	Saran.....	57
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II-1 Penelitian terdahulu .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabel III-1 Tahapan <i>Fishbone Diagram Method</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabel III-2 Komponen yang Digunakan .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel III-3 Komponen pendukung yang Digunakan.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel IV-1 Pengujian 1 Kondisi Padat .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabel IV-2 Rincian Pengujian 1 Kondisi Padat .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabel IV-3 Pengujian 1 Kondisi Padat .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabel IV-4 Rincian Pengujian 2 Kondisi Padat .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabel IV-5 Pengujian Delay Time .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabel IV-6 Pengujian 1 Kondisi Malam/Dini Hari .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel IV-7 Rincian Pengujian 1 Kondisi Malam/Dini Hari .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel IV-8 Pengujian 2 Kondisi Malam/Dini Hari.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabel IV-9 Rincian Pengujian 2 Kondisi Malam/Dini Hari.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabel IV-10 Pengujian Delay Time Pada Malam/Dini Hari.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabel IV-11 Pengujian Penggolongan.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabel IV-12 Data Pendeteksian dan Penggolongan 1.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabel IV-13 Nilai Akurasi Pendeteksian dan Penggolongan 1 .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabel IV-14 Rincian Kendaraan pada Pendeteksian dan Penggolongan 1 ...</b>	<b>47</b>
<b>Tabel IV-15 Data Pendeteksian dan Penggolongan 2.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel IV-16 Nilai Akurasi Pendeteksian dan Penggolongan 2 .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel IV-17 Rincian Kendaraan pada Pendeteksian dan Penggolongan 2 ...</b>	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Network Video Recorder .....	6
Gambar II.2 Router .....	7
Gambar II.3 Network Video Recorder .....	8
Gambar II.4 EGP2-X401   M2 serial RS-485 .....	8
Gambar II.5 ATMEGA328 .....	9
Gambar II.6 Mini PC PCIE Wafer TGL U [18] .....	9
Gambar II.7 Prinsip Kerja LiDAR .....	10
Gambar II.8 Alur Proses Algoritma <i>Region Growing Segmentation</i> .....	13
Gambar III.1 Skema Metode Penelitian <i>Fishbone Diagram</i> .....	17
Gambar III.2 Gambaran umum sistem .....	19
Gambar III.3 Diagram Alir Sistem LiDAR .....	20
Gambar III.4 Diagram Alir Pengolahan data Mini PC .....	21
Gambar III.5 Diagram Alir PCL .....	23
Gambar III.6 Design LiDAR pada <i>Skywalk</i> .....	24
Gambar III.7 Design Pemasangan LiDAR pada Gerbang Tol .....	25
Gambar III.8 <i>Design Wiring System</i> .....	25
Gambar IV.1 Pemasangan Alat .....	28
Gambar IV.2 Debug Sistem .....	29
Gambar IV.3 Data Keluaran LiDAR dan Tabel .....	30
Gambar IV.4 Komunikasi Data .....	31
Gambar IV.5 Konfigurasi Axios .....	32
Gambar IV.6 API konteks untuk website .....	32
Gambar IV.7 <i>Website Monitoring</i> .....	33
Gambar IV.8 <i>Analytics Monitoring</i> .....	34
Gambar IV.9 Data Keluaran LiDAR Pengujian 1 .....	36
Gambar IV.10 Data keluaran LiDAR Pengujian 2 .....	37
Gambar IV.11 Grafik Delay Time Kondisi Padat .....	38
Gambar IV.12 Keluaran Sistem LiDAR .....	39
Gambar IV.13 Detail Delay Time .....	39
Gambar IV.14 Data Keluaran LiDAR Pengujian 1 .....	41
Gambar IV.15 Grafik Pengujian Delay Time .....	43

<b>Gambar IV.16 Keluaran Sistem LiDAR.....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar IV.17 Detail Delay Time .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar IV.18 Integrasi dan Komunikasi LiDAR.....</b>	<b>45</b>
<b>Gambar IV. 19 Website Monitoring dengan Penggolongan .....</b>	<b>46</b>
<b>Gambar IV.20 3D Model Point Cloud Library .....</b>	<b>53</b>
<b>Gambar IV.21 Ukuran Roda Kendaraan .....</b>	<b>54</b>
<b>Gambar IV.22 Segmented View Wheel Based .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Testing Modul LiDAR
- Lampiran 2** Foto Panel Sistem
- Lampiran 3** Pengujian Sistem di *Skywalk* dan gerbang tol
- Lampiran 4** Foto Sample Data
- Lampiran 5** Foto Aplikasi Keluaran Data LiDAR
- Lampiran 6** Pemasangan LiDAR pada *Skywalk* dan Tiang
- Lampiran 7** Foto Web Monitoring *skywalk*
- Lampiran 8** Foto Web Monitoring gerbang tol
- Lampiran 9** Data Keluaran LiDAR dengan *Ground Base*
- Lampiran 10** *Diagram Wiring System*

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$v$	= kecepatan [km/h]
$t$	= waktu [detik]
$\theta_{\text{deg}}$	= sudut elevasi [ $^{\circ}$ ]
$\theta_{\text{rad}}$	= sudut elevasi [radian]
$\phi_{\text{deg}}$	= sudut azimuth (sudut putar) [ $^{\circ}$ ]
$\phi_{\text{rad}}$	= sudut azimuth (sudut putar) [radian]
$\pi$	= konstanta yang mendekati 3.14159 (phi)
$d$	= jarak antara lidar dan objek yang dipantulkan (biasanya dalam meter),
$c$	= kecepatan cahaya dalam vakum ( $c \approx 3 \times 10^8$ / detik),
$t$	= waktu yang diperlukan untuk cahaya laser untuk pergi dari lidar ke objek yang dipantulkan dan kembali lagi (biasanya dalam nanodetik)

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pada beberapa tahun terakhir, jumlah kendaraan bermotor meningkat dengan sangat signifikan, terutama di Indonesia, hal itu menciptakan tantangan baru dalam manajemen lalu lintas untuk mewujudkan keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran dalam berlalu lintas [1]. Dengan meningkatnya mobilitas, kebutuhan akan sistem deteksi dan klasifikasi kendaraan menjadi sebuah hal yang penting karena kendaraan menjadi moda transportasi utama di Indonesia. Pengembangan sensor gambar digital dan Teknik *vision* komputer memberikan keuntungan signifikan berupa Sistem Transportasi Cerdas [2] dan Teknologi yang dapat mendeteksi objek semantik klasifikasi dalam gambar dan video digital [3]. Sebelumnya, pada teknologi *Automation Vehicle Classification* (AVC) masih menggunakan metode pembacaan plat nomer.

Dengan kemampuan teknologi deteksi dan klasifikasi yang sudah berkembang pesat saat ini diharapkan dapat mengoptimalkan waktu dan memberikan dukungan penting dalam penegakan peraturan lalu lintas dan memverifikasi kepatuhan kendaraan terhadap batasan tertentu, seperti di jalan tol [4]. Meskipun teknologi deteksi dan klasifikasi sudah berkembang pesat, masih ada beberapa tantangan untuk diatasi. Deteksi kendaraan menjadi tidak akurat karena waktu datangnya *frame* lebih cepat dibandingkan dengan waktu pemrosesan setiap *frame* [5] terutama dalam kondisi malam dan cuaca ekstrem.

Seperti yang disebutkan pada penelitian [2], terdapat beberapa sistem klasifikasi kendaraan secara otomatis berdasarkan tipe, model, dan cara tradisional seperti pembacaan plat nomer kendaraan. Pada penelitian [2] juga disebutkan bahwa klasifikasi kendaraan dengan mendeteksi tipe dan model merupakan sistem yang lebih efisien dibandingkan dengan mendeteksi plat nomer kendaraan bermotor. Pada penelitian [5], melakukan penggabungan antara teknologi yang dicampur dengan pengklasifikasian kendaraan dengan algoritma yang

dinamakan *Light Detection and Ranging* (LiDAR) untuk melakukan *scanning* secara vertical dan untuk menghasilkan ukuran dan bentuk dari objek yang telah di *scan* dan diklasifikasikan menjadi enam golongan atau kategori dari beberapa *Light Detection and Ranging* (LiDAR) untuk menghasilkan pengklasifikasian kendaraan.

Pada penelitian [2] disebutkan bahwa pengklasifikasian kendaraan dibagi menjadi enam golongan, yang terdiri dari sedan, van, mini-van, truk, bus, dan taksi, akan tetapi untuk di Indonesia terdapat peraturan [6] menyebutkan bahwa penggolongan kendaraan terdiri dari kendaraan dengan panjang kurang dari lima meter, kendaraan dengan panjang kurang dari tujuh meter, kendaraan dengan panjang tujuh hingga sepuluh meter tanpa gandengan, kendaraan dengan panjang sepuluh hingga dua belas meter, kendaraan dengan panjang dua belas hingga enam belas meter, dan kendaraan dengan ukuran lebih dari enam belas meter.

Disebutkan dalam penelitian [7] pengujian dengan YOLO berdasarkan kelas, didapat nilai keakuratan sebesar 91,4%. Pada pengujian berdasarkan pengaruh faktor lingkungan, pada kondisi hujan didapatkan nilai akurasi sebesar 88,4%, pada kondisi berkabut sebesar 70%, dan pada kondisi malam hari sebesar 78,2%. Dalam penelitian [8] disebutkan bahwa PNVCS menemukan bahwa data dalam sistem LiDAR dapat dijadikan patokan dengan data yang ditemukan berupa sistem LiDAR mengklasifikasikan kendaraan dengan akurasi 99,5% pada set evaluasi 21.769 kendaraan. Dan pada penelitian [9] disebutkan bahwa berdasarkan eksperimen pada kumpulan data benchmark KITTI menunjukkan bahwa Real-Time Three- Dimensional (RT3D) tidak hanya mampu memberikan akurasi pendeteksian yang kompetitif, namun dapat melakukan pekerjaan deteksi kendaraan 3D berbasis LiDAR pertama yang dapat menyelesaikan deteksi dalam waktu hanya 0,09 detik, bahkan lebih singkat dibandingkan dengan pemindaian sensor LiDAR. Yang mana dapat mengimbangi datangnya *frame* dengan kecepatan pemrosesan dari setiap *frame*.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang, maka didapatkan permasalahan yang menjadi dasar

penelitian yaitu otomatisasi sistem deteksi dan klasifikasi kendaraan. Maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Apakah dengan menggunakan LiDAR dapat meningkatkan akurasi ketika proses deteksi dan klasifikasi ketika malam hari?
- 2) Apakah dengan menggunakan LiDAR dapat meningkatkan akurasi ketika proses deteksi dan klasifikasi ketika kondisi kendaraan sedang padat?
- 3) Bagaimana pemasangan tiang LiDAR yang efektif agar tidak menimbulkan kerugian materil dan waktu?

### **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang didapat, agar dapat dibahas secara lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- 1) Sensor yang digunakan yaitu LiDAR.
- 2) Kecepatan kendaraan maksimal 30KM/Jam (Dalam aturan pengelola jalan tol).
- 3) Pemasangan LiDAR pada ketinggian 6m.
- 4) Pemasangan LiDAR 18m sebelum gerbang tol.
- 5) Pengujian berfokus pada proses deteksi dan klasifikasi sebagai hasil.
- 6) Pengujian dilakukan di gerbang tol dan *skywalk* jalan tol.

### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk mencapai akurasi deteksi yang diharapkan dan agar LiDAR dapat berkomunikasi dengan Point Cloud secara optimal, meningkatkan akurasi pendeteksian dan klasifikasi berdasarkan golongan pada kendaraan, dan dapat dimonitoring pada aplikasi yang akan dibuat. Manfaat dari pembuatan alat ini untuk mempermudah dan efisiensi waktu pada saat penggolongan kendaraan pada jalan tol.

### **I.5 Sistematika Penulisan**

Bagian ini berisi susunan penulisan laporan TA. Sistematika laporan Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan

masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada sistem yang telah dibuat dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian yang lebih lanjut.