



Buku Tugas Akhir

# **Rancang Bangun Sistem Throttle Brushless DC Motor Pada Kursi Roda Elektrik**

**Ferdinand Natanael**

2016630032

Pembimbing:

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng.

Faisal Wahab, S.Pd., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah satu  
syarat mendapatkan gelar Sarjana  
Teknik

**Agustus 2022**



Buku Tugas Akhir

# **Brushless DC Motor Throttle System Design For Electric Wheelchair**

**Ferdinand Natanael**

2016630032

Pembimbing:

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng.

Faisal Wahab, S.Pd., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah satu  
syarat mendapatkan gelar Sarjana  
Teknik

**Agustus 2022**

# Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

## Rancang Bangun Sistem Throttle Brushless DC Motor Pada Kursi Roda Elektrik

oleh:

Ferdinand Natanael

NPM : 2016630032

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

### TANDA PERSETUJUAN SELESAI,

Bandung, 19 Agustus 2022

Ketua Program Studi Sarjana

Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika



Tua Tambora

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng.

Faisal Wahab, S.Pd., M.T.

# PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

**FERDINAND NATANAEL**

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

"RANCANG BANGUN SISTEM THROTTLE BRUSHLESS DC MOTOR PADA  
KURSI RODA ELEKTRIK"

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain  
telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak  
sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan  
dikenakan kepada Saya.

Bandung, **19 Agustus 2022**



Ferdinand Natanael

NPM: 2016630032

## Abstrak

Kursi roda elektrik adalah alat bantu mobilitas yang didesain untuk penyandang disabilitas khususnya memiliki keterbatasan fisik. Kursi roda elektrik memiliki komponen dasar berupa rangka mekanik (*chasis*) dengan empat buah roda yaitu dua buah roda penggerak yang terhubung dengan motor listrik dan dua buah roda kastor yang terpasang pada kanan dan kiri kursi, baterai sebagai sumber daya, pengontrol sebagai antarmuka antara manusia dan mesin (umumnya berupa *joystick*), dan tempat duduk.

Pada penelitian ini, kursi roda elektrik akan dirancang dengan basis kursi roda konvensional merek Sella KY-809. Kursi roda elektrik yang dirancang akan menggunakan *brushless DC motor* sebagai penggerak roda, dan memiliki fitur *obstacle detection* untuk memberikan keamanan bagi pengguna. Penelitian ini bertujuan merancang sistem throttle dan tachometer berbasis hall sensor pada kursi roda elektrik yang akan digerakkan oleh pengguna melalui gerakan *joystick*.

Kursi roda elektrik yang dirancang akan memiliki tiga buah gerak dasar yaitu gerak maju, gerak belok kanan, dan gerak belok kiri. Tachometer yang dirancang akan dikalibrasi dengan referensi tachometer Sanwa SE300. Pada penelitian ini disimpulkan tachometer berbasis sensor hall yang telah dirancang memiliki eror sebesar 0,32% dibandingkan dengan hasil bacaan tachometer Sanwa SE300. Maksimum rpm yang dapat dihasilkan oleh BLDCM adalah 450 rpm.

Hasil laporan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi bidang sosial khususnya penyandang disabilitas dan bidang keilmuan Teknik Elektro terutama bagi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan.

---

**Kata kunci:** mobilitas, alat bantu, kursi roda elektrik, BLDC, BLDCM, tachometer, throttle

*otomatis, mobilitas, throttle, rpm, sensor hall, disabilitas*

## Abstract

Electric wheelchairs are mobility aids designed for people with disabilities, especially those with physical limitations. Electric wheelchairs have basic components in the form of a mechanical frame chassis with four wheels, namely two drive wheels connected to an electric motor and two caster wheels mounted on the right and left of the seat, a battery as a power source, a controller as a power source. human-machine interface (usually a joystick), and a seat.

In this research, the electric wheelchair will be designed on the basis of a conventional wheelchair brand Sella KY-809. The electric wheelchair designed will use brushless DC motor as the wheel drive, and has the obstacle detection feature to provide safety for the user. This study aims to design a hall sensor-based throttle and tachometer system in an electric wheelchair that will be moved by the user through the joystick movement.

The electric wheelchair designed will have three basic movements, namely forward motion, right turning motion, and left turning motion. The designed tachometer will be calibrated with a reference to the Sanwa SE300 tachometer. In this study, it was concluded that the designed Hall sensor-based tachometer has an error of 0.32% compared to the results of the Sanwa SE300 tachometer reading. The maximum rpm that BLDCM can produce is 450 rpm.

The results of this report are expected to provide benefits for the social sector, especially people with disabilities and the scientific field of Electrical Engineering, especially for Electrical Engineering, Mechatronics, Parahyangan Catholic University.

## Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Throttle Brushless DC Motor Pada Kursi Roda Elektrik" disusun sebagai syarat penyelesaian studi sarjana pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mendapat banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan secara materiil dan moril.
2. Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng. dan Faisal Wahab, S.Pd., M.T. selaku dosen pengajar dan dosen pembimbing Tugas Akhir di Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan.
3. Para Dosen pengajar di Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan diskusi yang bermanfaat.
5. Teman-teman persekutuan di Gereja Mawar Sharon Bandung yang turut setia memberikan dukungan doa dan moril.

Semoga kiranya Tuhan Yesus Kristus membalas segala kebaikan semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu agar laporan ini dapat selesai dengan baik.

Akhir kata, mohon maaf jika terdapat kesalahan dalam laporan tugas akhir ini. Besar harapan saya, laporan tugas akhir ini dapat diterima dan berguna bagi perkembangan Program Studi Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan dan khususnya untuk perkembangan ilmu dan teknologi.

# Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xix
Daftar Gambar	xxi
Daftar Simbol	xxiii
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah. . . . .	2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi . . . . .	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir . . . . .	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir . . . . .	3
1.6 Metodologi Tugas Akhir . . . . .	3
1.7 Sistematika Penulisan . . . . .	4
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Brushless DC Motor</i> (BLDCM) . . . . .	5
2.1.1 Konstruksi dan Operasi <i>Brushless DC Motor</i> (BLDCM) . . .	6
2.2 <i>Throttle</i> . . . . .	7
2.3 Sensor Hall . . . . .	7
2.4 Fungsi Map Arduino Uno . . . . .	8
2.5 <i>Pulse width modulation</i> (PWM) . . . . .	8



2.6	<i>Pull-up Resistor</i> . . . . .	9
<b>3</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM</b>	<b>11</b>
3.1	Perancangan Sistem Mekanis . . . . .	11
3.1.1	Adaptor BLDCM . . . . .	14
3.2	Sistem Elektronika . . . . .	15
3.2.1	Joystick . . . . .	16
3.2.2	Sensor Ultrasonik . . . . .	18
3.2.3	Mikrokontroler Arduino Uno . . . . .	19
3.2.4	<i>Driver Brushless DC Motor (BLDCM)</i> . . . . .	21
3.3	Tachometer Sanwa SE300 . . . . .	21
3.4	Diagram Alir Rancangan Gerak Kursi Roda Elektrik . . . . .	22
3.5	Rangkaian Tapis Konversi PWM menjadi Analog Murni . . . . .	22
3.6	Rencana Pengujian Sistem . . . . .	23
<b>4</b>	<b>ANALISA SISTEM</b>	<b>25</b>
4.1	Sistem Throttle . . . . .	25
4.1.1	Pengukuran Tegangan Input Throttle . . . . .	25
4.1.2	Pengaturan PWM Sebagai <i>Input</i> Throttle . . . . .	26
4.1.3	Pemetaan Joystick . . . . .	28
4.2	Sensor Hall . . . . .	30
4.2.1	Pendeteksi efek Hall . . . . .	31
4.2.2	Penghitung Pulsa Sensor Hall . . . . .	31
4.2.3	Tachometer berbasis sensor hall . . . . .	32
4.3	Rangkaian PCB Sistem Elektronika . . . . .	34
4.4	Realisasi Adaptor BLDC . . . . .	35
4.5	<i>Obstacle Detection</i> . . . . .	37
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>39</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	39
5.2	Saran . . . . .	40
	<b>Daftar Pustaka</b>	<b>41</b>
	<b>Lampiran A Desain Adaptor untuk BLDC</b>	<b>44</b>
A.1	Desain Adaptor untuk BLDC . . . . .	45
	<b>Lampiran B Desain Sistem Elektrik Throttle &amp; Tachometer BLDC</b>	<b>48</b>
B.1	Rangkaian Elektrik Throttle & Tachometer BLDC . . . . .	49
B.2	Desain PCB Rangkaian Elektrik . . . . .	50
	<b>Lampiran C Program Throttle BLDC</b>	<b>52</b>
C.1	Inisialisasi Variabel . . . . .	52

C.2 Joystick Smoothing . . . . .	53
C.3 Setup . . . . .	54
C.4 Loop . . . . .	55
C.5 Function . . . . .	57
<b>Lampiran D Program Tachometer BLDC</b>	<b>59</b>
D.1 Inisialisasi Variabel . . . . .	59
D.2 Setup . . . . .	60
D.3 Loop . . . . .	60
D.4 Function . . . . .	62

# Daftar Tabel

2.1	Perbandingan motor DC dengan BLDC [1] . . . . .	5
3.1	Spesifikasi kursi roda Sella KY-809 . . . . .	12
3.2	Spesifikasi <i>joystick</i> KY-023 . . . . .	16
3.3	Hubungan gerakan joystick dengan gerak kursi roda . . . . .	17
3.4	Spesifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 . . . . .	18
3.5	Spesifikasi mikrokontroler Arduino Uno . . . . .	19
3.6	Spesifikasi driver BLDCM . . . . .	21
4.1	Pola nyala LED berdasarkan sensor Hall . . . . .	31
4.2	Spesifikasi mikrokontroler Arduino Uno . . . . .	37

# Daftar Gambar

2.1	Cara menghasilkan putaran rotor BLDCM . . . . .	6
2.2	Sensor Hall . . . . .	7
2.3	PWM <i>Duty-cycle</i> . . . . .	8
2.4	Contoh Pull-up Resistor . . . . .	9
3.1	Kursi roda Sella KY-809 . . . . .	11
3.2	Pemasangan BLDCM pada kursi roda elektrik . . . . .	12
3.3	Diagram benda bebas (DBB) BLDC pada Kursi Roda Elektrik . . . . .	13
3.4	Rancangan Adapter Roda BLDCM . . . . .	15
3.5	Contoh Perkiraan Pemasangan Adaptor . . . . .	15
3.6	Diagram blok hubungan komponen . . . . .	16
3.7	Data analog <i>joystick</i> KY-023 . . . . .	17
3.8	Sensor ultrasonik HC-SR04 . . . . .	18
3.9	Mikrokontroler Arduino Uno . . . . .	19
3.10	Tachometer Sanwa SE300 . . . . .	21
3.11	Perancangan Diagram Alir Gerak Dasar Kursi Roda Elektrik . . . . .	22
3.12	Perancangan Tapis untuk PWM . . . . .	23
3.13	Simulasi Rangkaian Tapis dengan <i>duty-cycle 50% (Kiri)</i> , dan <i>duty-cycle 100% (Kanan)</i> . . . . .	23
4.2	Hubungan <i>output</i> tapis terhadap perubahan <i>duty-cycle</i> PWM, dengan sumber tegangan 5V . . . . .	26
4.3	Hubungan <i>output</i> tapis terhadap perubahan <i>duty-cycle</i> PWM, dengan sumber tegangan 9V . . . . .	27
4.4	Pengaturan Maksimum PWM dengan Dua Buah <i>Push-button</i> . . . . .	27
4.5	Peta <i>Joystick</i> Gerak Maju . . . . .	28
4.6	Peta <i>Joystick</i> Gerak Mundur . . . . .	29
4.7	Peta <i>Joystick</i> Gerak Belok Kanan . . . . .	29
4.8	Peta <i>Joystick</i> Gerak Belok Kiri . . . . .	30
4.9	Rangkaian Pendeteksi Hall . . . . .	31
4.10	Perhitungan Pulsa Sensor Hall . . . . .	32
4.11	Grafik Pengukuran RPM dengan Sensor Hall Sebelum Kalibrasi . . . . .	33
4.12	Grafik Pengukuran RPM dengan Sensor Hall Setelah Kalibrasi . . . . .	33

4.13	Skematik Sistem Elektronika Kursi Roda Elektrik . . . . .	34
4.14	Jalur PCB Rangkaian Sistem Throttle dan Sensor Hall . . . . .	35
4.15	Proses Pembuatan Adaptor BLDCM . . . . .	35
4.16	Pemasangan Adaptor pada Kursi Roda . . . . .	36
4.17	BLDC Terpasang dengan Baik pada Kursi Roda . . . . .	36
4.18	Grafik pengukuran Ultrasonik setelah Kalibrasi . . . . .	38
4.19	Grafik rpm Ketika Sensor Ultrasonik Mendeteksi Benda Pada Jarak 400mm . . . . .	38
A.1	Desain Adaptor untuk BLDC . . . . .	45
B.1	Rangkaian Elektrik Throttle & Tachometer BLDC . . . . .	49
B.2	Desain PCB Rangkaian Elektrik . . . . .	50

## Daftar Simbol dan Variabel

$V$	kecepatan linier
$V_{R/L}$	kecepatan linier roda kanan/kiri
$F$	gaya
$\mu_s$	gaya gesek
$r_w$	jari-jari roda
$\tau$	torka
$\omega$	kecepatan angular
$J$	inersia
$eta$	RPM

# Bab 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Penyandang disabilitas (*disability*) adalah individu yang mengalami keterbatasan atau kehilangan kesempatan untuk berpartisipasi dalam kehidupan masyarakat sehari-hari akibat gangguan fisik (kecacatan), psikis atau adanya halangan sosial. Berdasarkan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2012, penyandang disabilitas mencapai 2,45% dari total populasi Indonesia dimana 10,26% dari total penyandang disabilitas mengalami kesulitan berjalan atau menaiki tangga [2]. Kesulitan berjalan dapat diatasi dengan menggunakan alat bantu mobilitas seperti tongkat berjalan atau kursi roda [3]. Penggunaan kursi roda dapat membantu individu bersosial, mendapatkan edukasi dan mengembangkan kemandirian. Kursi roda elektrik (*power wheelchair*) dibutuhkan untuk penyandang kesulitan berjalan yang kekurangan kekuatan atau koordinasi untuk mengoperasikan kursi roda manual namun memiliki kognitif yang baik untuk melakukan navigasi, kondisi ini ditemukan pada para penderita *cerebral palsy* [4].

Saat ini terjadi peningkatan kebutuhan kursi roda elektrik pada tempat-tempat rehabilitasi [5]. Kursi roda elektrik memiliki komponen dasar berupa rangka mekanik (*chassis*) dengan empat buah roda yaitu dua buah roda penggerak yang terhubung dengan motor listrik dan dua buah roda kastor yang terpasang pada kanan dan kiri kursi, baterai sebagai sumber daya, pengontrol sebagai antarmuka antara manusia dan mesin (umumnya berupa *joystick*), dan tempat duduk [6]. Umumnya motor penggerak berupa motor DC magnet tetap, terpasang pada bagian rangka kursi dan terhubung dengan roda melalui roda gigi cacing (*worm gear*). Sistem gerak ini mengorbankan akselerasi, dan efisiensi akibat keterbatasan perangkat pengurang kecepatan. Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat digunakan sistem penggerak

menggunakan motor DC tanpa sikat atau *brushless DC motor*, *BLDCM*, namun penggunaan BLDCM membutuhkan sistem kontrol yang lebih kompleks.

Masalah yang umum terjadi pada pengguna kursi roda elektrik adalah menabrak pintu atau tembok, terjatuh dari kursi, tertabrak, dan menabrak barang [3]. Untuk meningkatkan mobilitas dan keamanan dari pengguna kursi roda listrik yang memiliki kekurangan dalam indrawi dan motorik, maka sistem pendeteksi rintangan robot beroda diadaptasi pada kursi roda elektrik [7].

## 1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan, identifikasi masalah terdiri dari pembuatan sistem throttle, tachometer berbasis sensor hall, dan sistem *obstacle detection*. Perumusan masalah dalam penelitian ini yang akan dibahas dalam Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari:

1. Bagaimana cara merancang throttle pada BLDCM menggunakan *interface joystick* ?
2. Bagaimana merancang tachometer berbasis sensor hall untuk pembacaan rpm pada BLDCM ?
3. Berapa rpm maksimum yang dapat dilakukan oleh BLDCM ?
4. Bagaimana gerak dasar yang mampu dijalankan oleh BLDCM pada kursi roda elektrik ?

## 1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Dalam membuat sistem gerak dan pendeteksi rintangan pada kursi roda elektrik, ruang lingkup tugas akhir ini mencakup kajian tentang:

1. Perancangan Sistem Throttle pada BLDCM.
2. Perancangan tachometer dengan memanfaatkan sensor hall pada BLDCM.
3. Implementasi sistem throttle dan tachometer pada kursi roda elektrik.
4. Kursi roda elektrik melakukan gerakan dasar berupa gerak maju, belok kanan, belok kiri.
5. Kursi roda elektrik bergerak pada bidang rata dan tidak melakukan pengujian menanjak dan menurun.

Pada tugas akhir ini, diasumsikan bahwa: kursi roda elektrik memiliki maksimum kecepatan linier maksimum  $1.4m/s$  yaitu sama dengan kecepatan rata-rata berjalan manusia normal sebagai perhitungan pemilihan spesifikasi BLDCM yang akan digunakan.



## 1.4 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah, tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Mampu merancang sistem *throttle* untuk BLDCM sebagai roda penggerak kursi roda elektrik dengan *interface joystick*
2. Mampu merancang tachometer dengan memanfaatkan sensor hall sebagai alat pengukuran rpm BLDCM.
3. Mampu melakukan pembacaan rpm maksimum yang dapat dilakukan oleh BLDCM.
4. Mampu mengimplementasikan gerakan maju, belok kanan, belok kiri pada kursi roda elektrik.

## 1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk memberikan kemandirian bagi pengguna kursi roda konvensional dan keamanan dengan merancang sistem throttle BLDCM, dan tachometer berbasis sensor hall sebagai proses konversi kursi roda konvensional menjadi kursi roda elektrik.

## 1.6 Metodologi Tugas Akhir

Langkah awal dalam penelitian ini adalah studi literatur terkait kursi roda elektrik. Perancangan sistem gerak dan *obstacle avoidance* didasari pada studi jurnal dan buku terkait penurunan model BLDCM. Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem throttle dengan penggerak *joystick*. Kemudian dilakukan perangkaian sensor, aktuator dan mikrokontroler yang digunakan pada kursi roda elektrik.

Sensor ultrasonik digunakan untuk pendeteksi rintangan. Aktuator yang digunakan adalah *brushless DC motor*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Mikrokontroler akan di program dengan bahasa C untuk menghubungkan masukan sensor dengan keluaran aktuator. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemasangan komponen elektrik pada kursi roda manual, yaitu memasang motor pada roda kursi roda, dan menambahkan *joystick* sebagai antarmuka manusia dan mesin serta sensor ultrasonik pada sisi depan kursi roda. Langkah akhir dalam perancangan ini adalah evaluasi gerakan dari kursi roda elektrik dan hasil pembacaan rpm dari BLDCM. Kursi roda elektrik harus mampu bergerak akibat pergerakan *joystick* dan berhenti ketika mendeteksi rintangan. Jika seluruh fitur kursi roda elektrik telah bekerja dengan sempurna, maka siap digunakan sebagai purwarupa alat bantu mobilitas penderita kesulitan berjalan.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini dibagi menjadi 5 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, metodologi Tugas Akhir serta sistematika penulisan .
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisi teori-teori yang digunakan dalam pemecahan masalah, pengolahan data, dan analisis. Teori yang digunakan antara lain: Spesifikasi komponen yang digunakan, *throttle*, *pull-up* resistor, *pulse-width-modulation*, sensor hall.
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Bab Perancangan Sistem berisikan proses perancangan dan implementasi sistem dan penjelasan masing-masing tahapan yang dilakukan dalam Tugas Akhir. Bab ini meliputi spesifikasi mekanis, spesifikasi elektrik, perancangan sistem throttle motor BLDCM, dan perancangan tachometer berbasis sensor hall.
4. **Bab 4 Analisis Sistem.** Bab Analisis Sistem berisikan data-data hasil realisasi perancangan dan implementasi sistem pada kursi roda elektrik. Bab ini meliputi analisis pergerakan *joystick*, kalibrasi sensor, implementasi sistem throttle, realisasi rangkaian mekanis, realisasi rangkaian elektrik.
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran.** Bab Kesimpulan dan Saran berisikan kesimpulan hasil analisa pada Bab 4 berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian pada Bab 1, dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.