

KAJI EKSPERIMENTAL : SISTEM REGENERATIVE BRAKE PADA MOTOR BLDC

*Experimental Study : Regenerative Braking System on Brushless Direct
Current Motor*

Tugas Akhir

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

Oleh:

Farhan Fachrul Rozi

222441909



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

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Kaji Eksperimental : Sistem *Regenerative Brake* pada Motor BLDC

Oleh:

Farhan Fachrul Rozi

222441909

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I

Nuryanti, S.T., M.Sc.

NIP: 197604262009122002

Pembimbing II

Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc.

NIP: 196810301995121001

Disahkan,

Penguji I

Ismail Rokhim,

S.T., M.T.

NIP. 197002161993031001

Penguji II

Dr. Aris Budiyarto,

S.T., M.T.

NIP. 197012301995121001

Penguji III



Wahyu Adhie Candra,

S.T., M.Sc.

NIP. 197701092023211004

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Farhan Fachrul Rozi
NIM : 222441909
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kaji Eksperimental : Sistem *Regenerative Brake* pada Motor BLDC

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 : Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Farhan Fachrul Rozi

NIM 222441909

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Farhan Fachrul Rozi
NIM : 222441909
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kaji Eksperimental : Sistem *Regenerative Brake* pada Motor BLDC

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 Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil Tugas Akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Farhan Fachrul Rozi

NIM 222441909

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya 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 jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul: “Kaji Eksperimental : Sistem *Regenerative Brake* pada Motor BLDC”.

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

Dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih atas bantuan, bimbingan, saran dan arahan dari:

1. Allah SWT yang telah memberi kemampuan dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik moril juga materiil selama proses dilaksanakannya Tugas Akhir ini.
3. Diri sendiri tentunya, kepada Farhan Oji, A.Md.T. yang segera beranjak mengemban gelar S.Tr.T.
4. Bapak Mohammad Nurdin S.T, M.B.A., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Bandung.
5. Bapak Ismail Rokhim S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Politeknik Manufaktur Bandung sekaligus Ketua Penguji sidang akhir penulis yang senantiasa memberi masukan dan kritik demi perkembangan penelitian penulis.
6. Ibu Nuryanti S.T, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Politeknik Manufaktur Bandung sekaligus pembimbing pertama

dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini yang selalu memberi arahan dan masukan kepada penulis.

7. Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc., selaku pembimbing kedua dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini yang senantiasa memberi masukan.
8. Bapak Dr. Aris Budiyarto, S.T., M.T. dan Bapak Wahyu Adhie Candra, S.T., M.Sc. selaku penguji yang turut memberi masukan dan mengoreksi kajian penulis.
9. Saudara Qoulzar Sumargo yang dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini memfasilitasi akomodasi dan persinggahan penulis.

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. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Agustus 2024
Penulis,

ABSTRAK

Sistem pengereman regeneratif adalah salah satu alternatif yang dimiliki kendaraan listrik untuk memanfaatkan sisa putaran mesin menjadi energi tambahan yang digunakan untuk proses *charge* baterai dan memperpanjang jarak tempuh kendaraan. Untuk mengoptimalkan keluaran sistem *regeneratif brake* biasanya digunakan rangkaian tambahan seperti *boost converter*. Penulis tertarik untuk menambahkan modul XL6009 dikarenakan modul tersebut saat ini seringkali digunakan karena efektifitasnya yang tinggi.

Tugas Akhir ini berjudul “Kaji Eksperimental : *Regenerative Brake* pada motor BLDC” akan membahas tentang kegiatan eksperimental terkait sistem pengereman regeneratif yang dilakukan dengan metode pengujian statis. Simulasi kondisi jalan dilakukan dengan cara menghubungkan motor penggerak AC satu fasa berdaya 200W dengan motor BLDC berdaya 350W dan tegangan 36V, dengan kecepatan putaran relatif konstan. BLDC berfungsi sebagai generator yang mengonversi sebagian energi kinetik dari motor penggerak menjadi tegangan, dan membantu perlambatan kendaraan. Untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai dari energi regeneratif, digunakan modul *boost converter* XL6009 untuk menstabilkan energi listrik yang dihasilkan.

Hasil uji coba menunjukkan pada saat pengujian tanpa beban, tegangan yang dapat dihasilkan rata-rata memiliki nilai 45.75V dan rata-rata kecepatan putaran 949 RPM. Kemudian pada saat diberi beban *charging* baterai rata-rata tegangan daya yang dihasilkan senilai 15.31 W dengan tegangan 23.6 V dan arus 0.64 A dari rata-rata 472.45 RPM atau penurunan putaran sebesar 50.26%. Penambahan modul *boost converter* XL6009 mengakibatkan penurunan yang lebih signifikan, rata-rata dinilai 287.58 RPM yakni penurunan sebesar 69.75%.

Kata kunci: *Regenerative Brake, BLDC Motor-Generator, Boost converter XL6009.*

ABSTRACT

The Regenerative Brake system is one of the alternatives available for electric vehicles to convert remaining engine rotation into additional used for battery charging and extending the vehicle's range. To optimize the output of the regenerative brake system, additional circuitry such as a boost converter is typically employed. The author is interested in incorporating the XL6009 module due to its high effectiveness and frequent use.

This final project, titled "Experimental Study: Regenerative Brake on BLDC Motor," will discuss experimental activities related to the regenerative braking system through static testing methods. Road conditions are simulated by connecting a 200W single-phase AC drive motor to a 350W, 36V BLDC motor, which operates at a relatively constant rotational speed. The BLDC motor functions as a generator, converting some of the kinetic energy from the drive motor into voltage, thereby assisting in vehicle deceleration. To enhance the efficiency of battery charging from regenerative energy, the XL6009 boost converter module is used to stabilize the generated electrical energy.

Test results indicate that under no-load conditions, the average voltage generated is 45.75 V with an average rotational speed of 949 RPM. Under load, the battery delivers an average power output of 15.31 W, with a voltage of 23.6 V and a current of 0.64 A, resulting in an average rotational speed of 472.45 RPM, representing a reduction of 50.26%. The addition of the XL6009 boost converter module leads to a more significant decrease, with an average rotational speed of 287.58 RPM, corresponding to a reduction of 69.75%..

Keyword: *Regenerative Brake, BLDC Motor-Generator, Boost converter XL6009.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	2
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
I.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
II.1 Landasan Teori	5
II.1.1 <i>Brushless Direct Current</i>	5
II.1.2 BLDC Generator	5
II.1.3 <i>Regenerative Brake</i>	7
II.1.4 <i>Rectifier</i> tanpa kontrol.....	8
II.1.5 <i>Boost Converter</i>	9
II.1.6 <i>Single-Phase Servo Motor</i>	12
II.1.7 Arduino IDE V2.3.2	14
II.2 Tinjauan Alat	15
II.2.1 BLDC Passion Mini 4 Pro	15
II.2.2 Mikrokontroler	16
II.2.3 Arduino Uno	16
II.2.4 <i>Motor Servo Single Phase Matsunaga MGD1-200</i>	17

II.2.5	<i>Watt Meter</i> HTRC ZN08.....	18
II.2.6	<i>Boost Converter</i> XL6009	19
II.2.7	Dioda penyearah.....	20
II.2.8	<i>Tachometer</i>	21
II.2.9	<i>Infrared Barrier Obstacle Sensor</i> SEN-0018.....	21
II.2.10	Baterai LiPo (<i>Lithium-Polimer</i>)	22
II.3	Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		25
III.1	Metodologi.....	25
III.2	Flow Chart	25
III.3	Tahapan Penyelesaian.....	26
III.3.1	Studi Literatur dan Perancangan alat	26
III.3.2	Pembuatan Alat	26
III.3.2.1	Kerangka Penyangga.....	26
III.3.2.2	Rangkaian Elektrik.....	26
III.3.3	Pembuatan Kode Arduino <i>Tachometer</i>	27
III.3.4	Pengujian dan Pengumpulan data	28
III.4	Alat dan Bahan.....	28
III.4.1	Alat.....	28
III.4.2	Bahan.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
IV.1	Hasil.....	30
IV.1.1	Hasil Studi Literatur dan Perancangan Alat.....	30
IV.1.2	Hasil Penentuan Komponen.....	31
IV.1.3	Hasil Pembuatan Alat.....	31
IV.1.3.1	Rangka Alat.....	31
IV.1.3.2	Konfigurasi Pengujian.....	32
IV.1.4	Hasil Pengujian	32
IV.2	Pembahasan	35
BAB V PENUTUP		38
IV.3	Simpulan	38
IV.4	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Voltase Awal.....	32
Tabel 2 Nilai RPM <i>system</i> tanpa <i>load</i>	33
Tabel 3 Hasil pengujian dengan beban	33
Tabel 4 Data RPM saat diberi beban.....	34
Tabel 5 Data RPM saat dihubungkan XL6009	35
Tabel 6 Nilai RPM pada 3 kondisi percobaan	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Ilustrasi operasi <i>Regenerative Brake</i> [13]	7
Gambar 2 Skema dasar <i>Regenerative Brake</i> pada BLDC.....	8
Gambar 3 <i>rectifier</i> tanpa kontrol.....	8
Gambar 4 Rangkaian <i>Step Up</i>	9
Gambar 5 <i>Switch on Dioda off</i>	10
Gambar 6 <i>Switch off Dioda on</i>	11
Gambar 7 Tampilan aplikasi Arduino IDE 2.3.2	15
Gambar 8 BLDC 350W 36V.....	15
Gambar 9 Arduino Uno ATmega328P SMD driver serial CH340	17
Gambar 10 Motor Servo Single Phase Matsunaga MGD1-200.....	18
Gambar 11 HTRC ZN08	19
Gambar 12 XL6009.....	20
Gambar 13 <i>Infrared Barrier Obstacle Sensor</i> SEN-0018.....	21
Gambar 14 LiPo 36V 21Ah	22
Gambar 15 Diagram Alir	25
Gambar 16 Skema elektrik.....	27
Gambar 17 Tampilan Arduino IDE V2.3.2.....	27
Gambar 18 <i>Block Diagram</i> Program Arduino	28
Gambar 19 Blok diagram rancangan alat.....	30
Gambar 20 <i>Gear-chain</i>	31
Gambar 21 <i>Pulley-belt</i>	31
Gambar 22 Besi siku berongga	32
Gambar 23 Konfigurasi pengujian	32
Gambar 24 Perbandingan RPM 3 Kondisi.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. DAFTAR RIWAYAT HIDUP	41
LAMPIRAN B. DATA PENDUKUNG	42
B1. <i>Datasheet</i> Alat	42
Lampiran 1 <i>Datasheet</i> Arduino Uno R3	42
Lampiran 2 <i>Datasheet Watt Meter and Power Analyzer</i> HTRC ZN08	45
B2. <i>Datasheet</i> Komponen	47
Lampiran 3 <i>Datasheet</i> Modul XL6009	47
Lampiran 4 <i>Datasheet</i> Dioda 6A10	54
Lampiran 5 <i>Datasheet</i> IR SEN-0018	57
B4. Syntax pada Arduino IDE	59
LAMPIRAN C. LEMBAR PERHITUNGAN.....	60
C1. Kecepatan Sudut Motor Penggerak	60
C2. Torsi Motor Penggerak.....	60
C3. Nilai <i>Duty Cycle</i>	60
C4. Nilai Resistansi.....	61
C5. Nilai Kapasitansi	61
C6. Nilai Induktansi	61

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Daftar Simbol

ε = GGL Induksi (V)	θ = Sudut
N = Banyak lilitan	V_o = Tegangan keluar
$d\Phi b$ = Perubahan nilai fluks (T)	V_i = Tegangan input/baterai
dt = Perubahan waktu (s)	d = <i>Duty cycle</i> atau siklus kerja
Φ = Fluks magnet (Wb)	T = Periode
B = Medan magnet (T)	L = Induktansi
A = Luas penampang kawat (m^2)	I_o = Arus keluaran

Daftar Singkatan

AC	: <i>Alternating Current</i>
AVR	: <i>Advanced Virtual RISC</i>
BEMF	: <i>Back Electromotive Force</i>
BLDC	: <i>Brushless Direct Current</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
ESC	: <i>Electronic Speed Controller</i>
GGL	: Gaya Gerak Listrik
IC	: <i>Integrated Circuit</i>
IDE	: <i>Integrated Development Environment</i>
I/O	: <i>Input-Output</i>
IoT	: <i>Internet of Things</i>
MOSFET	: <i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>
NZE	: <i>Net Zero Emission</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia menempati peringkat pertama sebagai negara dengan polusi tertinggi di Asia Tenggara (menurut laporan *World Air Quality* - IQAir pada tahun 2022). Polusi udara adalah racun (*toxic gases*) yang dapat memberi dampak buruk bagi kesehatan serta lingkungan. Sebagian besar polusi udara tersebut dihasilkan dari penggunaan kendaraan dengan mesin konvensional atau mesin (*Internal Combustion Vehicle*) dengan bahan bakar fosil. Maka dari itu, pemerintah memiliki komitmen untuk mengurangi peningkatan emisi dan polusi demi terwujudnya NZE-*Net Zero Emission* 2060 salah satunya dengan cara meningkatkan penggunaan kendaraan listrik.

Kendati demikian, penggunaan kendaraan listrik di Indonesia masih sangat terbatas, baik dari teknologi maupun infrastruktur [1]. Saat ini tercatat ada 133.225 unit kendaraan listrik berbasis baterai menurut keterangan Menteri Perhubungan Budi Karya Sumadi (dilansir Kompas.com pada 30/04/2024). Sementara itu, jumlah *charging station* SPKLU dan SPBKLU masing-masing sejumlah 1.582 dan 2.182 (*Press Release* No.278.PR/STH.00.01/VII/2024 oleh PT. PLN pada 22/07/2024). Selain itu, kendaraan listrik masih memiliki jarak tempuh yang minim (300-350 kilometer) dikarenakan kapasitas dan efisiensi baterai yang belum bisa menandingi kendaraan konvensional [2]. Kendala lain juga disebabkan oleh lama waktu *charge* baterai yaitu sekitar 60-90 menit untuk bisa terisi secara penuh. Maka dari itu, banyak riset dan pengembangan teknologi yang dilaksanakan untuk menjawab serta memberi alternatif untuk permasalahan tersebut, salah satunya yaitu *Regenerative Brake System*.

Sistem *Regenerative Brake* terdiri dari kata *Regenerative* yang mengacu pada proses dihasilkannya energi listrik pada BLDC dari konversi energi kinetik layaknya yang terjadi pada sebuah generator. Kemudian kata *Brake* mengacu pada proses pengereman/perlambatan suatu kendaraan. Maka dari itu, secara sederhana Sistem *Regenerative Brake* dapat disimpulkan sebagai sistem yang bekerja untuk memperlambat laju putaran kendaraan listrik dan disaat yang sama putaran tersebut

dapat dikonversi menjadi energi yang dapat dimanfaatkan kembali untuk meregenerasi daya pada baterai [3]. *Regenerative brake* dapat meningkatkan jarak tempuh penggunaan kendaraan listrik sebesar 8% - 25% [2].

Pada aplikasinya, *regenerative brake* membutuhkan rangkaian *Boost converter DC to DC* [3]. Rangkaian *boost converter* ini dibutuhkan, agar tegangan yang dihasilkan generator BLDC dapat disesuaikan dengan tegangan untuk melakukan *recharge* pada baterai [4]. Selain itu, dikarenakan output keluaran generator berupa arus bolak-balik (AC) 3 fasa maka dibutuhkan rangkaian *rectifier* karena baterai hanya dapat menerima input tegangan berupa arus DC dalam proses *recharge*-nya.

Hal-hal yang telah dijabarkan diatas, melatarbelakangi dan mendorong ketertarikan penulis untuk mengkaji lebih lanjut terkait sistem *regenerative brake* untuk dijadikan sebagai topik dalam pelaksanaan Tugas Akhir. Harapannya, Tugas Akhir ini dapat menjadi salah satu langkah pengembangan teknologi yang mendukung pemanfaatan energi secara lebih efisien.

I.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka tujuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem *Regenerative Brake* agar outputnya bisa disalurkan ke baterai?
2. Bagaimana memaksimalkan output daya dan penurunan kecepatan pada sistem *Regenerative Brake*?

I.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah ditetapkan di dalam Tugas Akhir ini, beberapa ruang lingkup berikut akan dibahas antara lain:

1. Melakukan studi literatur.
2. Membuat project plan *regenerative brake system*.
3. Melakukan pembuatan dan penyusunan rangkaian sistem meliputi: sistem *coupling motor-generator*, sistem pengereman, sistem penyearah arus, sistem penaik tegangan, sistem pembacaan rpm, sistem pembacaan nilai daya, tegangan dan arus.

4. Melakukan pembuatan rangka pendukung.
5. Melakukan pengujian dan pengukuran energi yang dihasilkan.
6. Mengumpulkan dan mengkaji data hasil pelaksanaan Tugas Akhir.

Beberapa ruang lingkup diatas dibatasi agar pembahasan bisa lebih fokus pada permasalahan yang akan diselesaikan. Berikut adalah batasan masalah tersebut yaitu:

1. Mesin penggerak yang digunakan adalah *Motor Servo Single-Phase* 200W.
2. Mesin yang difungsikan sebagai generator adalah *Brushless Direct Current* 350W.
3. BLDC dioperasikan sebagai Generator.
4. Rangkaian konverter menggunakan *rectifier* tanpa kontrol.
5. Modul XL6009 sebagai rangkaian *Chopper Boost Converter*.
6. Tachometer digital menggunakan Sensor IR *Barrier Obstacle* SEN-0018.
7. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno sebagai *supply* daya ke rangkaian dan penerima data dari sensor.
8. *Watt meter* yang digunakan adalah HTRC ZN08.
9. Penyimpanan daya pada Baterai LiPo 36V 21Ah.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Dari pemaparan diatas, maka tujuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui nilai daya yang dihasilkan oleh sistem *regenerative brake*.
2. Mengetahui nilai voltase yang dihasilkan oleh sistem *regenerative brake*.
3. Mengetahui nilai arus yang dihasilkan oleh sistem *regenerative brake*.
4. Mengetahui penurunan kecepatan yang terjadi.

Adapun manfaat yang bisa didapat lewat pelaksanaan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Meningkatkan pengetahuan terkait alternatif pengereman selain menggunakan pengereman mekanis.

2. Mengembangkan penelitian terkait topik penggunaan kendaraan berenergi listrik.

I.5 Sistematika Penulisan

Penulisan yang digunakan tersusun sedemikian rupa agar dapat menjelaskan permasalahan secara terperinci. Adapun susunannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini 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 METODE DAN PENYELESAIAN MASALAH

Bab ini membahas tentang metode yang digunakan dan langkah-langkah penyelesaian Tugas Akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil dari kegiatan Tugas Akhir yang dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur berupa hasil rancangan dan data yang didapat dari kegiatan eksperimental.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas tentang hasil dari kegiatan Tugas Akhir yang dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur berupa hasil rancangan dan data yang didapat dari kegiatan eksperimental.