

SKRIPSI

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF DENGAN
MEMANFAATKAN PUTARAN *FLYWHEEL***



KOKO HARIYANTO

105 82 1347 14

SURYA ABDURRAHMAN P.

105 82 1410 14

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF DENGAN
MEMANFAATKAN PUTARAN *FLYWHEEL***

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat Untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh :

KOKO HARIYANTO

105 82 1347 14

SURYA ABDURRAHMAN P.

105 82 1410 14

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR**

2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF DENGAN MEMANFAATKAN PUTARAN FLYWHEEL**

Nama : 1. Koko Hariyanto
2. Surya Abdurrahman Putrawan

Stambuk : 1. 10582 1347 14
2. 10582 1410 14

Makassar, 12 Februari 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Adriani, S.T., M.T.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



Adriani, S.T., M.T.

NBM 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Koko Hariyanto** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1347 14 dan **Surya Abdurrahman Putrawan** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1410 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 09 Februari 2019.

Panitia Ujian :

Makassar, 07 Jumadil Akhir 1440 H

12 Februari 2019 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., M.T

b. Sekretaris : Rahmania S.T., M.T

3. Anggota : 1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

2. Rizal A Duyo, S.T., M.T

3. Antarisubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Adriani, S.T., M.T

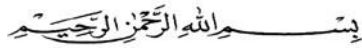
Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Perancangan Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran *Flywheel***”. Tidak lupa pula penulis tuturkan shalawat serta salam kepada junjungan kita baginda Muhammad SAW., yang telah memberi suri tauladan atas umatnya.

Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Skripsi ini dibuat berdasarkan pada data yang penulis peroleh selama melakukan penelitian, baik data yang diperoleh dari studi literatur, hasil percobaan maupun hasil bimbingan dari dosen pembimbing.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kepada kedua orang tua kami yang telah mendoakan, menyemangati dan mendukung kami baik dari segi material maupun moral yang telah membantu kami tanpa jasa
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Ibu Adriani, S.T., M.T.. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan serta ilmunya selama membimbing penulis.
5. Para Staf dan Dosen yang telah membantu penulis selama melakukan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudara serta rekan-rekan Vektor 2014 dan terkhususnya kelas Teknik Listrik A yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan studi dan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga skripsi ini dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT. senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

Billahi Fi Sabilil Haq Fastabiqul Khairat

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, juni 2019

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF DENGAN
MEMANFAATKAN PUTARAN *FLYWHEEL***

Koko Haryanto¹, Surya Abdurrahman P.²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

E-Mail: ¹andi.eko96@gmail.com, ²suryaabdurrahmanputrawan@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak;Koko Hariyanto 105 82 1347 14, Surya Abdurrahman P. 105 82 1410 14 : Perancangan Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran Flywheel (dibimbing oleh Dr.Ir.Zahir Zainuddin,M.Sc dan Adriani ,S.T., M.T.). Penelitian ini bertujuan untuk membuat flywheel dalam pengaplikasian pembangkit listrik, yang menghasilkan suatu konsep efisiensi daya meningkat, menstabilkan tegangan keluaran alternator dan mulai proses pembangkit listrik. Proses pembuatan mesin aplikasi flywheel mulai dari perancangan mekanik flywheel, mencari jumlah rotasi per menit dari alternator (dengan percobaan), menemukan elemen mesin yang menggunakan (poros, bantalan dan roda gila), nilai output alternator yang diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter. dari hasil desain mesin adalah diperlukan maksimal 500 Watt – 700 Watt dengan 1400 rpm yang diberikan pada motor listrik dengan sistem transmisi yang menggunakan balt, massa roda gila 8 kg dan daya output maksimum dari inverter 750 Watt.

Kata kunci : Flyweel, Motor Induksi, Inverter, Alternator.

DESIGNING AN ALTERNATIVE POWER PLANT BY UTILIZING A FLYWHEEL TURN

Koko Haryanto¹ , Surya Abdurrahman P.²

^{1,2} Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University
Muhammadiyah Makassar

E-Mail: ¹andi.eko96@gmail.com, ²suryaabdurrahmanputrawan@gmail.com

ABSTRACT

Abstract: Koko Hariyanto 105 82 1347 14, Surya Abdurrahman P. 105 82 1410 14: Designing an Alternative Power Plant by Utilizing a Flywheel Turn (guided by Dr.Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc and Adriani, S.T., M.T.). This study aims to make the flywheel in the application of a power plant, which results in a concept of increased power efficiency, stabilizing the alternator output voltage and starting the power generation process. The process of making a flywheel application engine starts from the design of flywheel mechanics, looking for the number of rotations per minute from the alternator (with experiments), finding the engine elements that use (shaft, bearing and flywheel), alternator output values that are converted to AC using an inverter . from the engine design it is required a maximum of 500 Watts - 700 Watts with 1400 rpm given to an electric motor with a transmission system that uses belt, 8 kg flywheel mass and maximum output power from a 750 Watt inverter.

Keywords: Flyweel, Induction Motor, Inverter Alternator.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I : PEMBAHASAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II : PEMBAHASAN	6
A. Flywheel.....	6
B. Sistem Chas Champbell	9
C. Motor Induksi	11
D. Alternator	15
E. Aki	19
F. Inverter.....	24

G. V- belt	26
BAB III : METODE PENELITIAN.....	28
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
B. Alat dan Bahan.....	28
C. Langkah Penelitian	29
E. Motode Penelitian	33
BAB IV : HASIL DAN PAMBAHASAN	35
A. Pembahasan Tentang Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran Flywheel	35
B. Data Hasil Pengukuran	38
BAB V : PENUTUP	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIARAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Flywheel	6
2.2	Sistem Chas Campbell	10
2.3	Konstruksi Motor Induksi (Automated Buildings)	12
2.4	Alternator	15
2.5	Pully	16
2.6	Rotor Pada Alternator	16
2.7	Stator Pada Alternator	17
2.8	Rectifier Dan Dioda	18
2.9	Sikat Dan Dudukan Sikat	19
2.10	Ic Regulator	20
2.11	Konstruksi Aki	21
2.12	Aki Basah	22
2.13	Aki Hybrid	23
2.14	Aki Kalsium	24
2.15	Aki Kering	24
2.16	Inverter 2000 Watt	25
2.17	Full Bridge Inverter	25
2.18	Penampang V-Belt	27
3.1	Flowchar Penelitian	30
3.2	Diagram Skema Alat	31
3.3	Flowchart Alat	33

4.1	Foto Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran Flywheel Telah Diselesaikan	35
4.2	Rangkaian Pengawatan Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran Flywheel	36
4.4	Grafik Kecepatan Putaran Flyweel	39
4.5	Grafik Kecepatan Putaran Alternator	40
4.6	Grafik arus output pada alternator	41
4.8	Grafik arus output pada inverter	42
4.6	Grafik Tegangan Pada Inverter	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Teori Full Bridge Inverter Satu Fasa	26
4.1	Pengukuran kecepatan (Rpm)	38
4.2	Pengukuran Arus (I)	41
4.3	Pengukuran Tegangan	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
1	Multitester	50
2	Tacometer	50
3	V-belt	51
4	Flyweel dan Pully	51
5	Motor Induksi Satu Fase	52
6	Alternator	52
7	Aki Hybrid 50 Ah	53

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi	Defenisi dan Keterangan
DC	<i>Direct Current</i> (Arus Searah)
AC	<i>Alternating Current</i> (Arus Bolak-Balik)
Ns	Kecepatan Sinkron dalam RPM
Nb	Kecepatan Dasar dalam RPM
f	Frekuensi sumber AC (Hz)
p	Jumlah Kutub yang terbentuk pada motor
Hp	<i>Horse Power</i>
EMF	<i>Elektromotive Force</i> /Gaya Gerak Listrik
MCB	<i>Miniature Circuit Breaker</i>
MISF	Motor Induksi Satu-Fa

BAB I

PEMBAHASAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak dapat dilepaskan dari keperluan sehari-hari. Manusia hampir tidak bisa melakukan pekerjaan yang ada dengan baik ataupun memenuhi kebutuhannya. Kekurangan energi listrik dapat mengganggu aktivitas manusia. Oleh sebab itu kesinambungan dan ketersediaan energi listrik harus dipertahankan. Saat ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi serta informasi.

Seiring makin dirasakannya krisis sumber daya energi maka peran dari sebuah alat penyimpan energi menjadi sangat penting akibat kebutuhan akan penggunaan energi yang efisien. Dari sekian banyak media penyimpan energi yang ada salah satu media yang dapat menyimpan energi yang berlebih kemudian menggunakannya kembali saat diperlukan adalah menggunakan *flywheel* (roda gaya). (Risali & Stephan. 2010.)

Penyimpan energi *flywheel* memperoleh energi kinetik dalam bentuk inersia putar, dan menyimpannya dalam bentuk energi kinetik, kemudian melepaskannya ketika dibutuhkan. dari hasil yang diperoleh dari penyimpanan energi kinetik tersebut dengan sangat menarik dan signifikan. (Mardiyanto, Wijoyo. 2013.). Faktor yang mempengaruhi kinerja penyimpan energi *flywheel*

antarlain material, geometri, panjang dari *flywheel*. (AlphaputraYapeth, Aryamanggala. 2011.)

Flywheel atau sering juga disebut roda gila seperti yang kita ketahui adalah sebuah komponen yang merupakan sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus. Yang jarang diketahui adalah Flywheel memiliki kepadatan energi hingga ratusan kali lebih banyak dibandingkan dengan baterai yang ada saat ini serta dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan lebih cepat. (Cibulka, J. 2009).

Berdasarkan pada hal tersebut di atas, maka kami mengangkat judul “Perancangan Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran *Flywheel*”. Untuk membuat sebuah inovasi baru berupa mesin pembangkit listrik alternatif tersebut. Meskipun daya yang didapatkan dari pembangkit listrik ini tidak terlalu besar, diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penerangan, pemakaian peralatan listrik rumah tangga ataupun dapat digunakan untuk peralatan listrik yang lainnya.

B. Rumusan Masalah

Atas dasar penjelasan di atas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara memanfaatkan energi *flywhwheel* sebagai penguat torsi pada motor AC dalam pembuatan pembangkit listrik alternatif ?

2. Bagaimana merancang sebuah pembangkit listrik alternatif yang memanfaatkan energi yang tersimpan pada *flywheel*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pemanfaatan dari teknologi energi *flywheel* sebagai penguat torsi pada motor AC dalam pembangkit listrik yang dibuat.
2. Membuat pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi yang tersimpan pada *flywheel* dengan metode umpan balik berdasarkan uji coba alat secara langsung.

D. Batasan Masalah

Dalam pembahasan perancangan bangun Pembangkit Listrik Alternatif dengan manfaat putaran *Flywheel* ini, maka ditentukan batasan masalah antara lain:

1. Sumber energi awal yang digunakan adalah hanya menggunakan sumber listrik dari Baterai (aki) dan diubah menjadi arus bolak-balik (Arus AC) dengan menggunakan inverter 700 watt.
2. Dalam pembuatan pembangkit alternatif ini belum menggunakan sistem program (sistem otomatis).
3. Parameter yang menjadi tolak ukur dalam uji pembuatan *Alternator* tanpa bahan bakar ini adalah menghitung besar tegangan, keluaran *Alternator* dan memanfaatkannya untuk menggerakkan motor dengan bantuan *Flywheel* (roda gila) yang mempunyai diameter 10 inci dan berat 8,2 kg.

4. Menghitung besar arus dan tegangan yang dihasilkan *Alternator* ketika *flywheel* yang berfungsi sebagai penggerak poros *Alternator*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi pada penulis dan pembaca mengenai keuntungan yang di dapatkan dari pembangkit listrik alternatif yang memmanfaatkan putaran *flywheel* ini.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan bahan referensi bagi siapa saja yang akan melakukan penelitian selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab Pertama, Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

Bab Kedua, Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab Ketiga, Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

Bab Keempat, Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

Bab Kelima, Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang simpulan dan saran terkait judul penelitian.

Daftar Pustaka, Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

Lampiran, Berisi tentang dokumentasi hasil penelitian serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

BAB II

PEMBAHASAN

A. Flywheel

Flywheel atau Roda Gila atau Roda Penyeimbang Gaya adalah salah satu elemen mesin yang berbentuk bulat dengan bobot massa yang besar, yang terhubung langsung dengan poros engkol dan biasanya terletak sebelum atau setelah alat penghubung untuk *output*. *Flywheel* ini berfungsi sebagai penyeimbang gaya dan mengatur putaran mesin sehingga putaran mesin dapat berjalan dengan baik. Prinsip kerja dari *Flywheel* ini adalah menjaga putaran mesin agar tetap berjalan normal dan tidak kaku sehingga *output* yang dihasilkan bisa dikontrol (Ramawan, Adin. 2015.).

Ketika putaran mesin tinggi, maka *flywheel* ini menyimpan energi kinetik yang kemudian dialirkan saat putaran mesin rendah, sehingga saat putaran mesin rendah *output* yang dihasilkan tetap konstan, karena dengan bobot massa yang besar memungkinkan *flywheel* tetap berputar sekalipun mesin secara tiba-tiba dimatikan. Hal ini mengindikasikan bahwa peranan *flywheel* pada mesin sangat berarti (Ramawan, Adin. 2015.).



Gambar 2.1 *Flywheel* (Ramawan, Adin. 2015.)

Fungsi *Flywheel* pada mesin sama persis dengan fungsi gunung pada bumi. Ketika *Flywheel* ini mengalami sedikit saja retakan pada permukaannya, maka putaran mesin menjadi tidak seimbang dan mempengaruhi *output* yang dihasilkan, bahkan ketika *flywheel* mengalami pengurangan massa akibat gesekan antar material atau sebab lain, maka keseimbangan pada mesin menjadi terganggu dan dapat menimbulkan getaran paksa pada mesin, akibatnya selain minimnya *output* yang dihasilkan karena putaran yang tidak teratur juga bisa menimbulkan getaran yang besar. Apabila kecepatan berkurang energi akan dilepaskan oleh *flywheel* dan bila kecepatan bertambah energi akan disimpan dalam *flywheel*.

Flywheel biasanya terbuat dari baja dan berputar pada bantalan (*bearings*) konvensional, dan umumnya terbatas pada tingkat revolusi kurang dari 1000 RPM. Beberapa *flywheel* modern terbuat dari bahan serat karbon dan menggunakan bantalan magnet, memungkinkan *flywheel* untuk berputar pada kecepatan sampai 60.000 RPM. *Flywheel* sering digunakan untuk menyediakan energi yang terus menerus dalam sistem dimana sumber energi tidak kontinyu. Dalam kasus tersebut, *flywheel* menyimpan energi ketika torsi diterapkan oleh sumber energi dan melepaskan energi yang tersimpan ketika sumber energi tidak menerapkan torsi untuk itu. Misalnya, *flywheel* yang digunakan untuk mempertahankan kecepatan sudut konstan *crankshaft* dalam mesin piston. Dalam hal ini, *flywheel* yang dipasang pada *crankshaft* menyimpan energi ketika torsi yang diberikan pada *flywheel* oleh piston yang sedang bergerak, dan melepaskan energi ke beban mekanik bila tidak ada piston yang menghasilkan daya (Ramawan, Adin. 2015.).

Momen inersia adalah ukuran resistansi/ kelembaman sebuah benda terhadap perubahan dalam gerak rotasi. Berbeda dengan massa benda yang hanya tergantung pada jumlah kandungan zat didalam benda tersebut, momen inersia disamping tergantung pada jumlah kandungan zat (masa benda) juga tergantung bagaimana zat-zat atau massa ini terdistribusi. Semakin jauh distribusi massa dari pusat putaran semakin besar momen inersinya.

Momen inersia I suatu benda titik (partikel) terhadap suatu sumbu putar didefinisikan sebagai perkalian massa partikel, m dengan kuadrat jarak partikel r dari sumbu putar.

$$I = \frac{1}{2} mr^2 \quad (\text{Muhammad Muhtada. 2014}) \quad (2.1)$$

Dimana :

I = Momen inersia (kg.m²)

m = Massa cakram (kg)

r = Jari-jari (m)

Massa *flywheel* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$W = A \cdot 2\pi \cdot r \cdot \rho \quad (\text{AlphaputraYapeth, Aryamanggala. 2011}) \quad (2.2)$$

Dimana :

W = Massa flywheel (kg)

A = Luas penampang flywheel (m)

r = Jari-jari (m)

ρ = Massa jenis bahan flywheel (kg/m³)

untuk mencari energi kinetik yang tersimpan pada flyweel ,yaitu:

$$EK = \frac{1}{2} \cdot I \cdot (\omega)^2 \quad (\text{liu, H. Dan jiang, j. 2008}) \quad (2.3)$$

Dimana :

EK = Energi kinetik

I = Inersia

ω = kecepatan sudut

Sebelum kita menghitung energi kinetik maka kita mencari perhitungan inersia dan kecepatan sudut (ω) terlebih dahulu.

$$\omega = n \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60} \quad (\text{wikipedia}) \quad (2.4)$$

Dimana :

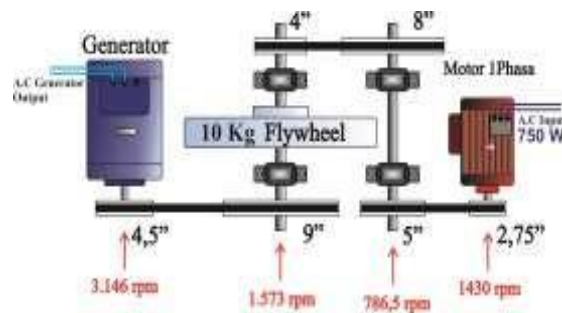
ω = kecepatan sudut

n = putaran mesin (Rpm)

π = fi. 3,14

B. Sistem Chas Campbell

Chas Campbell adalah seorang penemu dari Australia, ia mengembangkan pembangkit tenaga listrik dengan sistem *flywheel* (roda gila). Chas Campbell telah merancang dan menguji pembangkit tenaga listriknya yang dapat membangkitkan dirinya sendiri (*overunity*).



Gambar 2.2 Sistem Chas Campbell

Sebuah motor AC 750 W kapasitas (1 *horse power*) digunakan untuk menggerakkan serangkaian *v-belt* dan *pully* yang membentuk *sebuah transmisi* yang menghasilkan lebih dari dua kali kecepatan rotasi pada poros dari sebuah generator sinkron. Hal menarik dari sistem ini adalah bahwa daya listrik yang lebih besar dapat ditarik dari output generator dari inputan pada motor. Hal tersebut dapat terjadi, dan teori gravitasi Tseung ini menjelaskan bahwa jika pulsa energi diterapkan ke *flywheel*, maka kelebihan energi sama dengan $2mgr$ dimasukkan ke dalam *flywheel*, dimana "m" adalah massa dari roda gila, "g" adalah konstanta gravitasi dan "r" adalah radius pusat massa dari *flywheel*, (jarak dari as *flywheel* ke titik dimana berat roda muncul untuk berputar. Jika semua dari berat *flywheel* adalah di tepi roda, "r" akan menjadi jari-jari roda itu sendiri) (Kelly, Patrick J. 2008).

Hal ini meunjukkan bahwa jika *flywheel* (yang berwarna biru muda pada Gambar 2.2) didorong lancar dengan kecepatan konstan, maka tidak ada keuntungan energi. Namun, jika putarannya tidak lancar, maka kelebihan energi diambil dari medan gravitasi.

Faktor-faktor yang dapat menambah Energi yang tersimpan pada *flywheel* adalah sebagai berikut: (Kelly, Patrick J. 2008)

1. Energi akan bertambah sesuai dengan penambahan luas diameter dan berat *flywheel*.
2. Energi yang tersimpan pada *flywheel* juga akan bertambah jika berat *flywheel* terpusat pada tepian *flywheel*.
3. Dorongan yang diberikan pada *flywheel* yang semakin cepat.

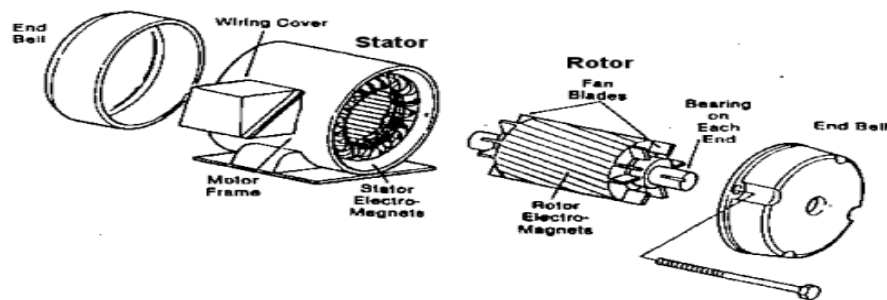
C. Motor Induksi

Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik: "stator" dan "rotor" seperti ditunjukkan dalam Gambar

2. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena keandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC). Motor AC terbagi menjadi 2 jenis motor yaitu motor sinkron dan motor induksi, karna dalam pembuatan laporan ini hanya menjelaskan motor induksi.

Motor induksi merupakan salah satu mesin asinkronous (asynchronous motor) karena mesin ini beroperasi pada kecepatan dibawah kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron sendiri ialah kecepatan rotasi medan magnetik pada mesin. Kecepatan sinkron ini dipengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutub pada mesin. Motor induksi selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang dibangkitkan stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar. Namun fluks yang terbangkitkan oleh rotor mengalami lagging dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak akan secepat kecepatan putaran medan magnet. (wikipedia)



Gambar 2.3 kontruksi Motor Induksi

1. Komponen motor induksi

Didalam sebuah motor induksi memiliki dua komponen listrik utama yaitu:

a. Rotor

Motor induksi menggunakan dua jenis rotor, yaitu Rotor kandang tupai terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak *slots* paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek. Sedangkan Lingkaran rotor yang memiliki

gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.

b. Startor

Stator. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat.

2. Klarifikasi motor induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003):

- a. Motor induksi satu fase. Motor ini hanya memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
- b. Motor induksi tiga fase. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai

contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

3. Kecepatan motor induksi

Motor induksi bekerja sebagai berikut. Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar.

Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “*slip* atau Geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ *slip ring*, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser atau *slip ring motor*”. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase *slip* atau geseran (Parekh, 2003):

$$\% \textit{ slip} = \frac{N_s - N_b}{N_s} \times 100 \text{ (Parekh, 2003):} \quad (2.3)$$

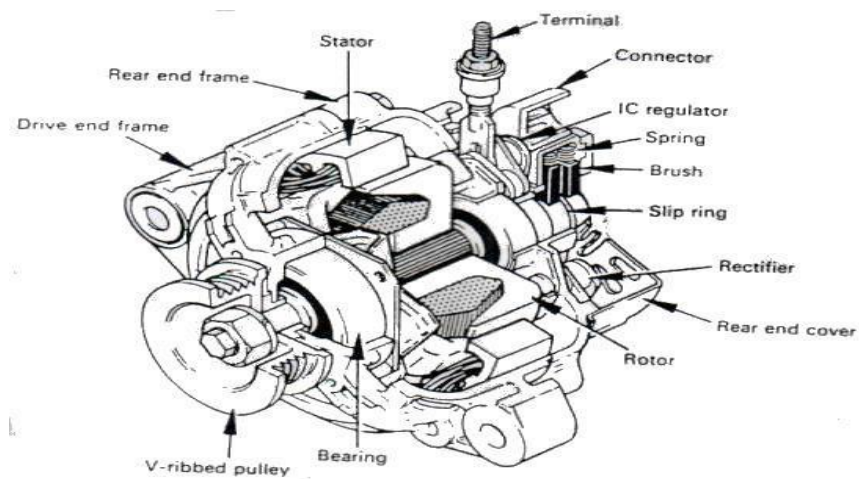
Dimana:

N_s = Kecepatan sinkron dalam RPM

N_b = Kecepatan dasar dalam RPM

D. Alternator

Alternator berfungsi untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari mesin menjadi tenaga listrik. Alternator mensuplai kebutuhan listrik pada mobil sewaktu mesin hidup. Tetapi apabila jumlah pemakaian listrik lebih besar daripada yang dihasilkan alternator, maka baterai ikut memikul beban kelistrikan tersebut. Alternator berfungsi untuk menghasilkan arus listrik untuk mengisi baterai.

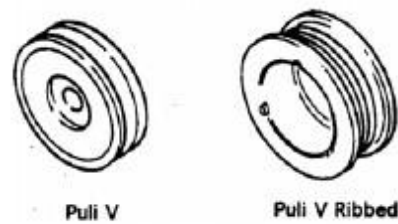


Gambar 2.4 Alternator

Komponen alternator dan fungsinya, yaitu :

1. Pully

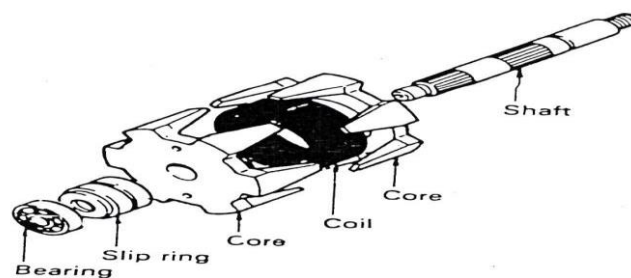
Pully, fungsinya sebagai tempat tali kipas yang menggerakkan rotor yang berasal dari sumber tenaga atau *crankshaft*.



Gambar 2.5 Pully

2. Rotor

Rotor, terdapat plat-plat yang fungsinya sebagai kutub-kutub magnet dan slip ring menyalurkan listrik ke kumparan rotor, berputarnya rotor ditumpu oleh bearing (bantalan) yang menjadikan simbang.

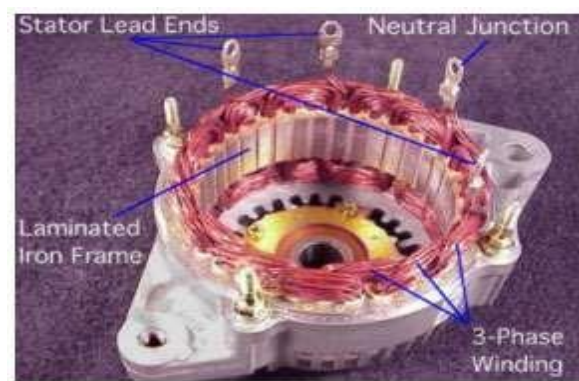


Gambar 2.6 Rotor pada alternator

3. Stator

Stator merupakan bagian yang diam dalam alternator, arus listrik keluar dari kumparan ini apabila rotor berputar. Kumparan stator pada alternator tipe IC sama dengan kumparan stator pada alternator konvensional yang terdiri dari empat ujung yaitu tiga ujung kumparan stator dan satu ujung yang merupakan gabungan dari tiga ujung kumparan stator yang disebut dengan terminal natural (N). keempat

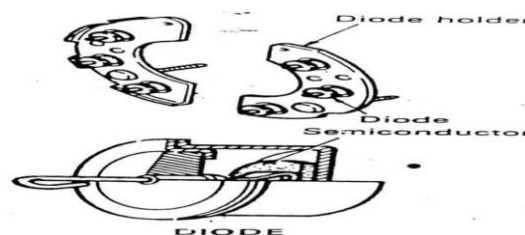
ujung kumparan tersebut dibautkan pada dioda di terminal T1, T2, T3, dan T4. Kumparan tersebut merupakan kumparan jenis bintang karena mempunyai terminal N. Untuk kumparan stator yang berbentuk delta atau segitiga, jumlah ujung kumparan statornya ada tiga. Kumparan stator berfungsi untuk menghasilkan atau membangkitkan tegangan bolak-balik.



Gambar 2.7 Stator pada alternator

4. Rectifier

Rectifier berfungsi untuk merubah arus bolak – balik (AC) menjadi arus searah (DC). *Rectifier* terdiri dari dioda-dioda. Dalam alternator terdapat tiga buah dioda positif, tiga buah dioda negatif dan dioda holder. Dioda ini berfungsi untuk menyearahkan arus AC yang dibangkitkan oleh stator menjadi arus searah (DC) Dioda holder berfungsi untuk meradiasikan panas dan mencegah dioda panas.



Gambar 2.8 Rectifier dan dioda

5. Sikat danudukan sikat

Sikat berfungsi untuk menghantarkan arus dari terminal B alternator ke kumparan rotor (sikat positif) melalui *slip ring* positif dan meneruskan arus dari kumparan rotor ke terminal F regulator (sikat negatif) melalui *slip ring* negatif untuk diteruskan ke massa melalui transistor di dalam regulator IC. Sikat terpasang di dalam dudukannya dan dilengkapi pegas dan sikat untuk menjamin hubungan yang baik antara sikat dengan *slip ring*.



Gambar 2.9 Sikat danudukan sikat

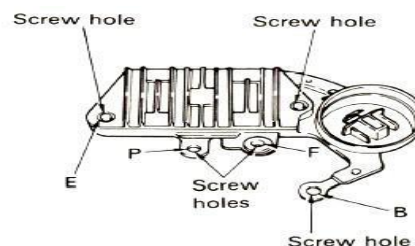
6. IC Regulator

Dalam sistem pengisian dikenal dua jenis regulator yaitu regulator tipe titik (point type) dan regulator tipe IC. Namun pada dasarnya mempunyai fungsi dasar yang sama yaitu untuk mengatur tegangan yang dihasilkan oleh alternator agar tidak terjadi over charge. Yang membedakan adalah cara pengaturannya, *IC regulator* pemutusannya menggunakan IC, sedangkan regulator tipe poin pengaturannya menggunakan relay.

IC regulator sangat kompak dan ringan dan mempunyai kemampuan yang tinggi karena tidak mempunyai titik kontak mekanik. Dibandingkan dengan tipe titik kontak (*point type*), ini mempunyai kelebihan sebagai berikut :

- a. Rentang tegangan outputnya lebih sempit dan variasi tegangan outputnya dalam waktu singkat.
- b. Tahan terhadap getaran dan dapat digunakan dalam waktu lama karena tidak banyak bagian-bagian yang bergerak.
- c. Karena tegangan outputnya rendah suhunya naik, pengisian baterai dapat dilakukan dengan baik.

Sedangkan kerugiannya adalah mudah terpengaruh oleh tegangan dan suhu yang tidak wajar.



Gambar 2.8 IC Regulator

E. Aki

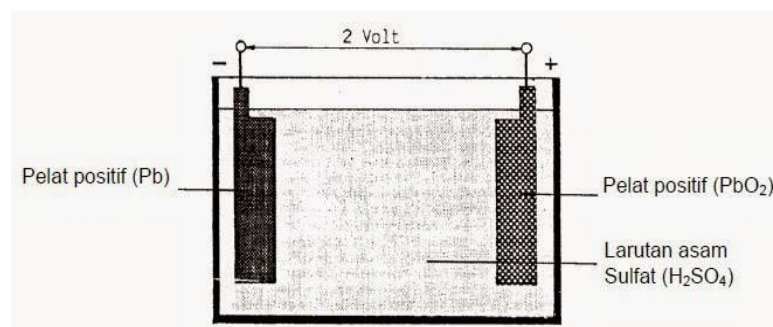
Aki adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Aki pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis, bernama *Gaston Plante* pada tahun 1859 (Nasrah Anjani's, 2014).

1. Bagian-bagian utama aki yaitu:

- Kutub positif (anode), terbuat dari timbal dioksida (PbO_2).
- Kutub negative, (katode), terbuat dari timbal murni (Pb).
- Larutan elektrolit, terbuat dari asam sulfat (H_2SO_4).

2. Konstruksi aki

Dalam konstruksi aki terdapat beberapa lempeng timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan dan membentuk satu pasang sel akumulator yang salingberdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator dan dimasukkan ke kotak dari bahan isolator. (Maulana Alfian, 2013). Beda potensial setiap sel aki adalah 2 volt. Kemampuan aki dalam mengalirkan arus listrik disebut kapasitas aki, yang dinyatakan dengan satuan amper jam (amper hour = Ah).



Gambar 2.9 Konstruksi aki (Maulana Alfian, 2013)

3. Jenis – jenis aki

Menurut Faqih (2015), aki digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

a. Aki basah

Aki basah ini paling banyak digunakan pada kendaraan bermotor, berisi cairan asam belerang yang dapat ditambahkan pada lubang-lubang kotak aki, sehingga apabila cairan asam belerang akan di tambahkan. Cairan ini dapat berkurang , sebab selama aki digunakan terjadi reaksi kimia di dalamnya dengan sel aki, menyebabkan cairan menjadi berkurang. Keuntungan :

- Dapat ditambahkan cairan asam sulfat, bila cairan berkurang.
- Mudah perawatannya.
- Harga relatif lebih murah.

Kekurangan dari aki basah yaitu:

- Memiliki tingkat pengosongan paling besar antara 0.8 s/d 1,0 per hari.
- Harus sering menghidupkan mesin, agar aki terisi kembali.



Gambar 2.10 aki basah (Faqih, 2015)

b. Aki Hybrid

Konstruksi sama dengan aki basah, hanya perbedaan pada material komponen sel. Aki Hybrid menggunakan bahan Low – Antimonial pada elektrode positif dan Calsium pada electrode negative.

Keuntungan Relatif lebih ringan dari pada aki basah dan Kekurangan memiliki tingkat pengosongan yang besar (0,5 s/d/ 0,6 %) per hari.



Gambar 2.11 Aki hybrid (Faqih, 2015)

c. Aki Kalsium

Baterai mobil (Aki) paduan Kalsium-Perak adalah baterai mobil atau aki dengan elektrolit air asam, tetapi dengan grid yang terbuat dari paduan kalsium-perak, bukan timbal-antimon grid sebagaimana yang digunakan dalam pembuatan aki tradisional. Mereka dikenal dengan keunggulannya untuk ketahanan terhadap korosi dan kebal terhadap efek merusak dari suhu tinggi, dibandingkan dengan baterai mobil alias aki konvensional yang menggunakan timah sehingga lebih cepat kehilangan daya yang mampu disimpan. Keuntungan :

- Performance yang baik, dibandingkan aki Antimonial dan Hybrid
- Mempunyai daya tahan / usia pakai yang lama
- Tingkat pengosongan yang paling kecil (0,1 s/d 0,2 %) per hari

Kekurangan dari aki kalsium adalah harganya relative mahal



Gambar 2.12 Aki Kalsium (Faqih, 2015)

d. Aki Kering

Aki kering menggunakan kalsium pada anode dan katode, dengan penyekat berupa jarring (net) yang dapat menyerap cairan elektrolit. Cairan elektrolit berupa gel, dengan kemasan yang tertutup rapat. Ketika terjadi penguapan, gas alam diserap oleh net tersebut, sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah elektrolit.

Keuntungan dari aki kering yaitu Bebas perawatan dan kinerja lebih baik sedangkan kekurangannya adalah harga relatif agak mahal. Tidak tahan pada suhu panas.



Gambar 2.13 aki kering (Faqih, 2015)

F. Inverter

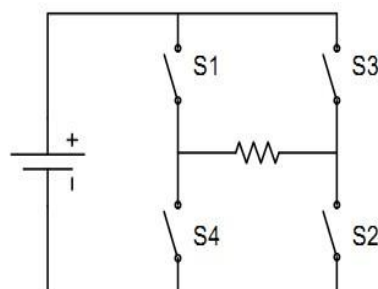
Inverter adalah sebuah perangkat yang bisa mengkonversikan tegangan searah/DC ke tegangan bolak- balik/AC dengan besar tegangan dan frekuensi yang diinginkan. Sumber tegangan input inverter bisa berupa baterai, PV, accumulator atau aki, dan sumber tegangan DC lainnya. Adapun output dari inverter adalah berupa tegangan AC 220 volt atau 120 volt dan memiliki frekuensi output 50 Hz ataupun 60 Hz. (wikipedia)



Gambar 2.14 inverter 2000 watt (Sumber Google)

Untuk memperoleh tegangan output yang bervariasi dapat dilakukan dengan membuat variasi tegangan input DC dan menjaga penguatan inverter supaya bernilai tetap. Sebaliknya, apabila tegangan input DC tidak dikendalikan, maka dapat diperoleh tegangan output yang bervariasi dengan cara memvariasikan penguatan daripada inverter. Penguatan inverter dapat diartikan dengan rasio perbandingan antara tegangan output AC terhadap tegangan input DC (R.Safitri, 2016.). Variasi dari penguatan inverter ini biasanya didapatkan dengan cara pengontrolan melalui PWM (*Pulse Width Modulation*) di dalam inverter.

Full bridge inverter memiliki konfigurasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15 berikut. Dimana memiliki 4 buah *switching device* yang mana dua buah *switching device* pada setiap terminal/kaki. Dalam satu kaki/terminal, *switching device* ini hanya boleh ON satu buah *switching device*, karena jika tidak maka akan terjadi *short-circuit* (Aswandi, 2009).



Gambar 2.15 *Full bridge* inverter (Aswandi, 2009)

Adapun prinsip kerja *full bridge* inverter adalah jika saklar S1 dan S2 dalam keadaan ON, maka arus akan mengalir ke beban R dari arah kiri ke kanan, sehingga terbentuklah gelombang pada periode setengah gelombang yang pertama.

Selanjutnya jika saklar S3 dan S4 dalam keadaan ON, maka arus akan mengalir ke beban R dari arah kanan ke kiri dan terbentuklah gelombang pada setengah periode kedua.

Tabel 2.1 teori *full bridge* inverter satu fasa (Aswandi, 2009)

Saklar ON	Saklar OFF	Tegangan Keluaran (Vo)
S1 dan S2	S3 dan S4	+ Vo
S3 dan S4	S1 dan S2	- Vo
S1 dan S3	S2 dan S4	OFF
S2 dan S4	S1 dan S3	OFF

Adapun tegangan keluaran rms *square wave* inverter dapat dicari dengan rumus berikut :

$$V_0 = \left(\frac{2}{t_0} \int_0^{T_0/2} V_s^2 dt \right)^{1/2} = V_s \quad (\text{Aswandi, 2009}) \quad (2.4)$$

Dimana :

V_0 = Tegangan output inverter

T_0 = Periode awal

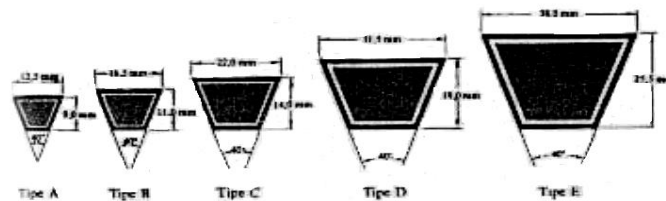
V_s = Tegangan sumber

G. V- belt

Dalam sebuah transmisi yang jaraknya cukup jauh sehingga memisahkan antara dua buah poros yang mengakibatkan tidak memungkinkannya penggunaan transmisi langsung dengan roda gigi, maka *V-belt* merupakan sebuah solusi yang

dapat digunakan. *V-belt* adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya *V-belt* dibelitkan mengelilingi alur *pulley* yang berbentuk *V* pula. Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar (Sularso, 1991).

V-belt banyak digunakan karena *V-belt* sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu *V-belt* juga memiliki keunggulan lain dimana *V-belt* akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, *V-belt* bekerja lebih halus dan tak bersuara.



Gambar 2.16 penampang *V-belt* (Sularso, 1991).

Penampang *V-belt* dapat diperoleh atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang diteruskan dengan faktor koreksi. Transmisi *V-belt* hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. *V-belt* selain juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi-transmisi yang lain, *V-belt* juga memiliki kelemahan dimana *V-belt* dapat memungkinkan untuk terjadinya slip.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dan membuat sebuah pembangkit listrik alternatif yang memanfaatkan putaran *flywheel* dengan sistem umpan balik dan uji coba alat secara langsung.

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : Juli 2018 sampai Desember 2018.

Tempat : Jln. Andi Mappainga, Perumahan Pesona Barombong Indah, Blok Mawar M-7 Kel. Barombong, Kec. Tamalate, Kota makssar 90225.

B. Alat dan Bahan

1. Bahan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Multimeter digital
- b. Obeng
- c. Tang Kombinasi
- d. Cutter
- e. Gergaji Besi
- f. Kunci Pas atau Gigi
- g. Las Listrik 900 watt
- h. Tacometer

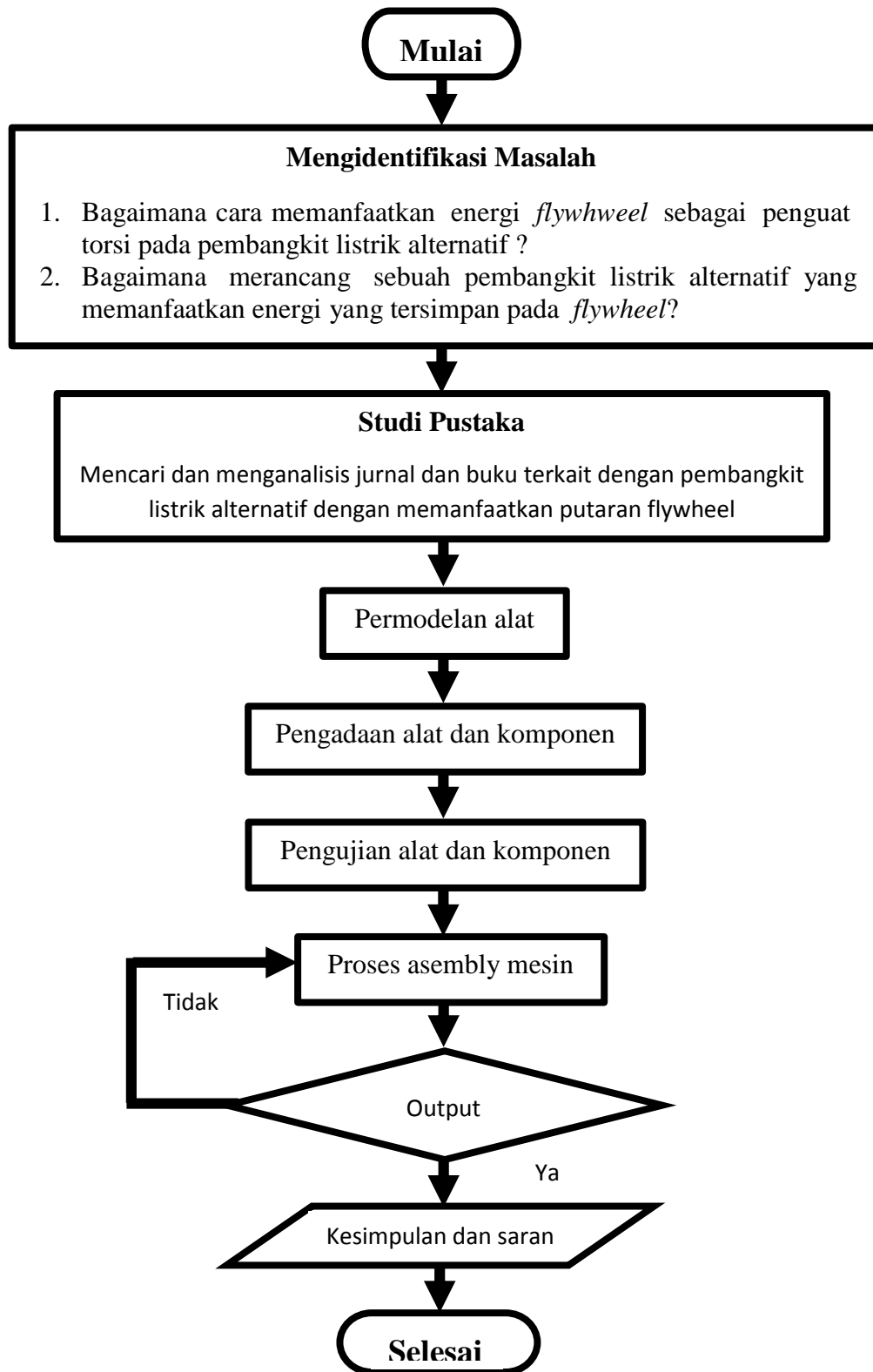
2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

<i>Flywheel</i>	: 1 buah
V-belt	: 2 buah
<i>Pulley</i>	: 4 buah
<i>Alternator</i>	: 1 buah
Motor Induksi	: 1 buah
Inverter 700 watt	: 1 buah
Baterai (aki)	: 1 buah
Kabel NYAF 3,5 mm	: 8 meter
Isolasi Bakar	: 2 meter
<i>Bearing Duduk</i>	: 2 buah
Baut	: 22 buah
Besi U 4 mm	: 3 meter
Skun	: 10 buah
Saklar Togle	: 3 buah

C. Langkah Penelitian

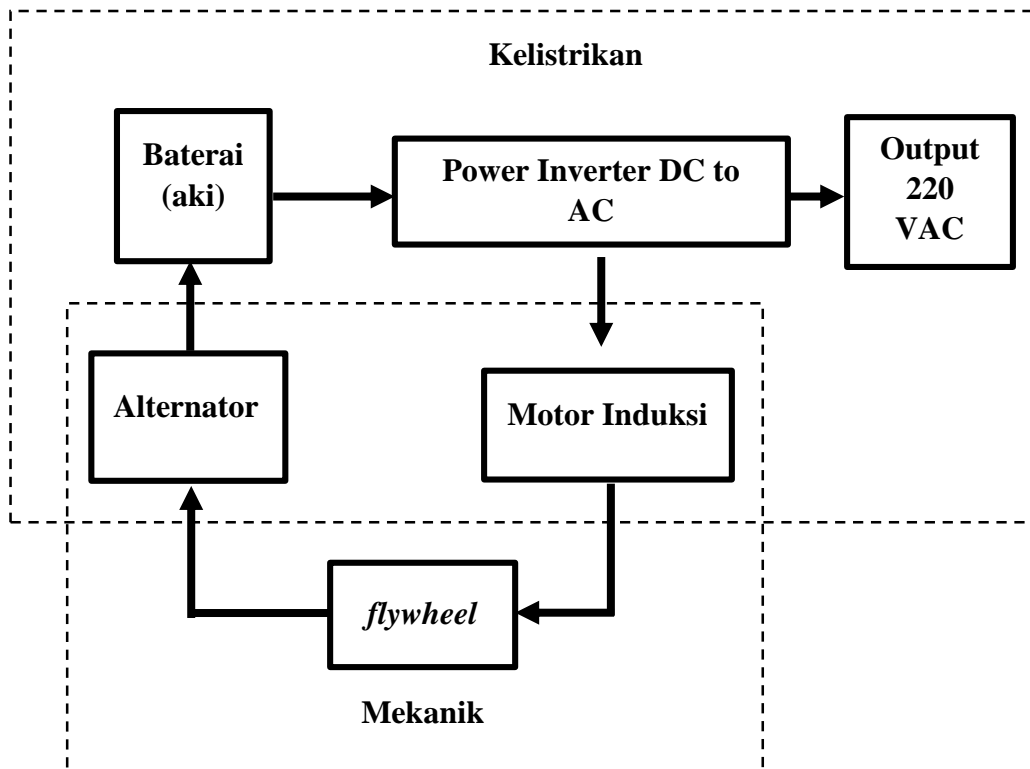
Secara garis besar ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yang di tunjukkan pada flowchart penelitian berikut:



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

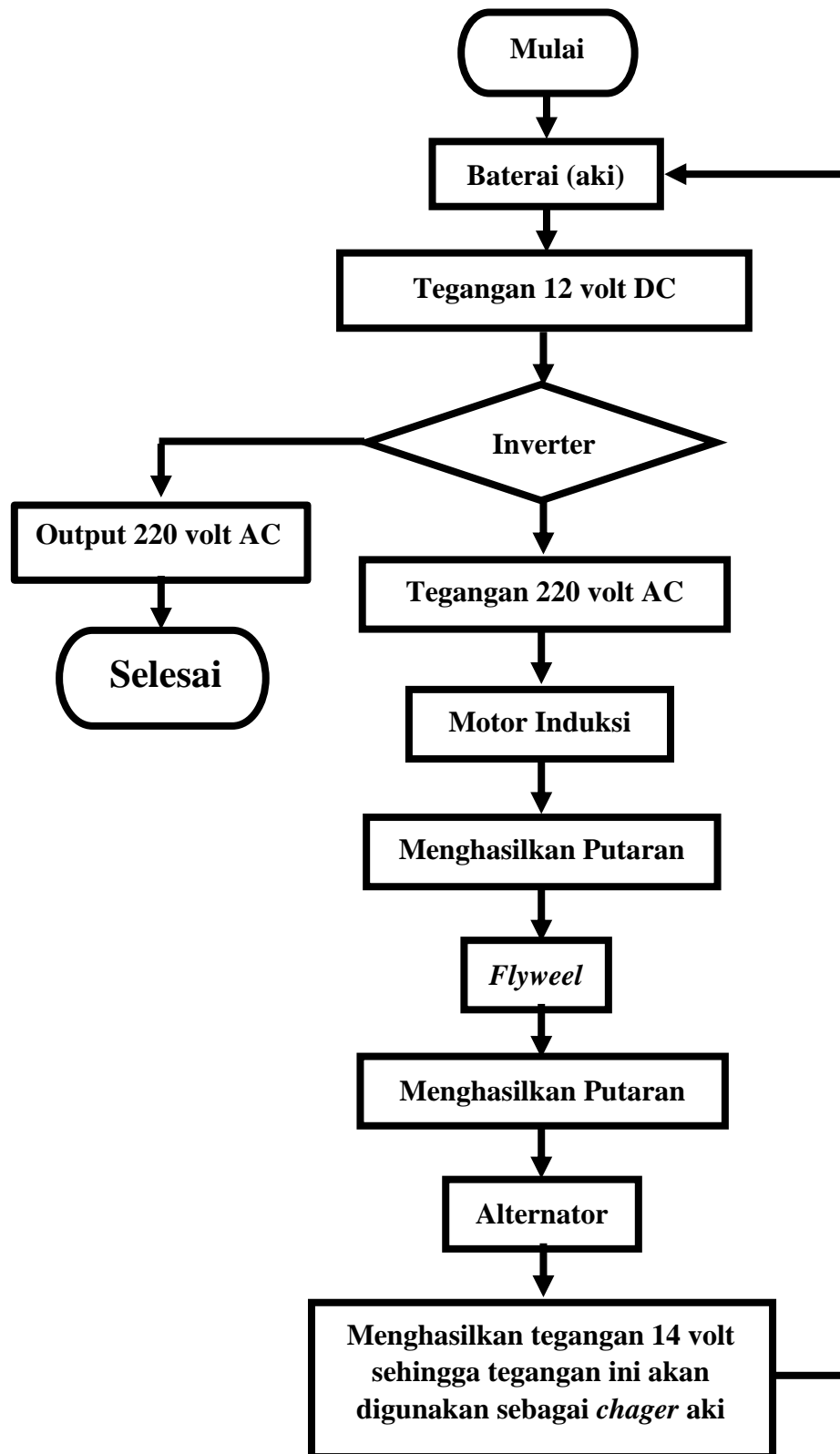
D. Diagram Skema Alat dan Flowchart Alat

Secara garis besar diagram skema alat yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2. Diagram skema alat

Dari gambar 3.2 memiliki dua sistem yaitu kelistrikan dan mekanik sehingga dapat dijelaskan cara kerja alat pada gambar 3.3 *flowchart* alat.



Gambar 3.3 Flowchart Alat

E. Metode Penelitian

1. Mengidentifikasi masalah

Adapun masalah yang diidentifikasi yaitu :

- a. Bagaimana cara memanfaatkan energi *flywhwheel* sebagai penguat torsi pada motor AC dalam pembuatan pembangkit listrik alternatif ?
- b. Bagaimana merancang sebuah pembangkit listrik alternatif yang memanfaatkan energi yang tersimpan pada *flywheel*?

2. Studi Pustaka

Dalam Studi Pustaka ini kami mengumpulkan data dengan cara mencari buku, jurnal dan modul yang berkaitan dengan judul penelitian sebagai referensi untuk pengujian alat yang kami lakukan.

3. Pengumpulan Alat dan Bahan

Alat yang akan kami gunakan kami kumpulkan dan kemudian dirangkai komponen yang sudah tersedia menjadi sebuah alat pembangkit sebagai pengganti genset.

4. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan bertujuan agar alat yang digunakan nantinya tidak mengalami hal-hal yang tidak diinginkan pada proses pengambilan data.

5. Pengambilan Data

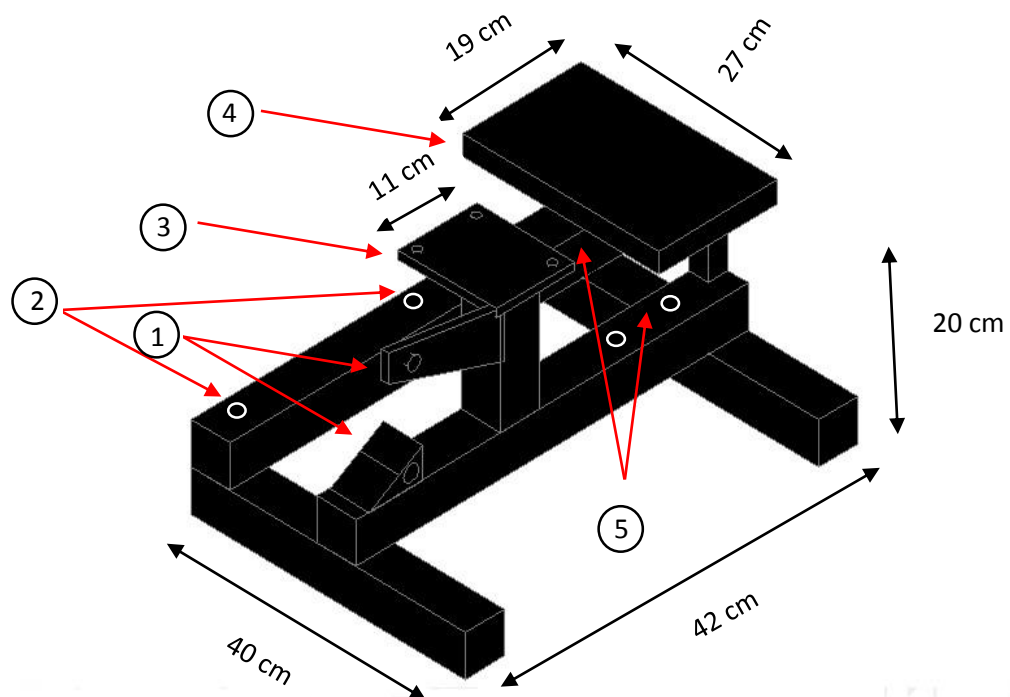
Pada tahap pengambilan data kami terlebih dahulu mengambil data pada alat dengan mengukur berapa kecepatan putaran pada motor dan mengukur arus dan daya yang keluar pada Alternator dan berapa arus yang masuk pada batteray supaya dapat menyalakan beban dan mengukur berapa arus yang masuk di setiap beban yang akan dinyalakan.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari data yang didapat kita dapat menarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan sekaligus memberi saran yang bersifat membangun pada hasil penelitian selanjutnya.

BAB IV HASIL DAN PAMBAHASAN

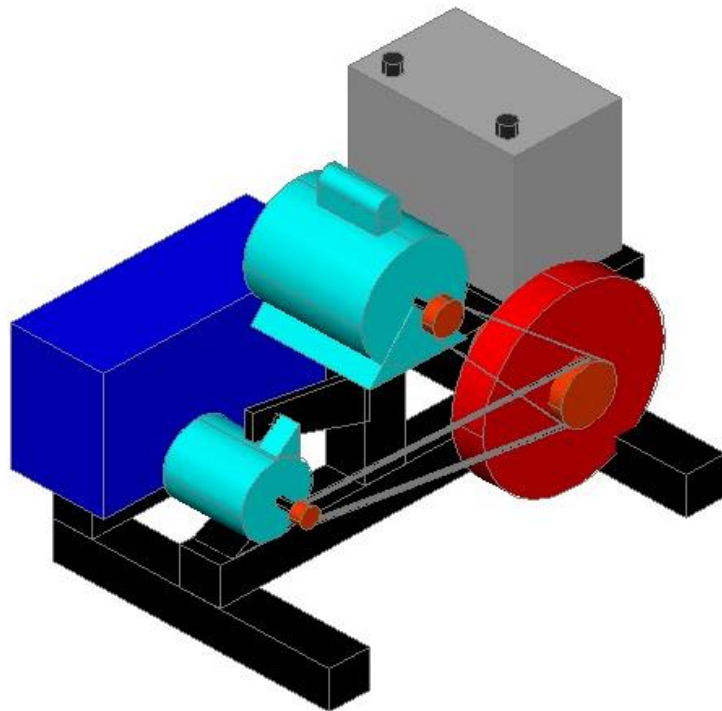
A. Hasil Realisasi Model Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran *Flywheel*



Gambar 4.1 desain rangka pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan putaran *flywheel*

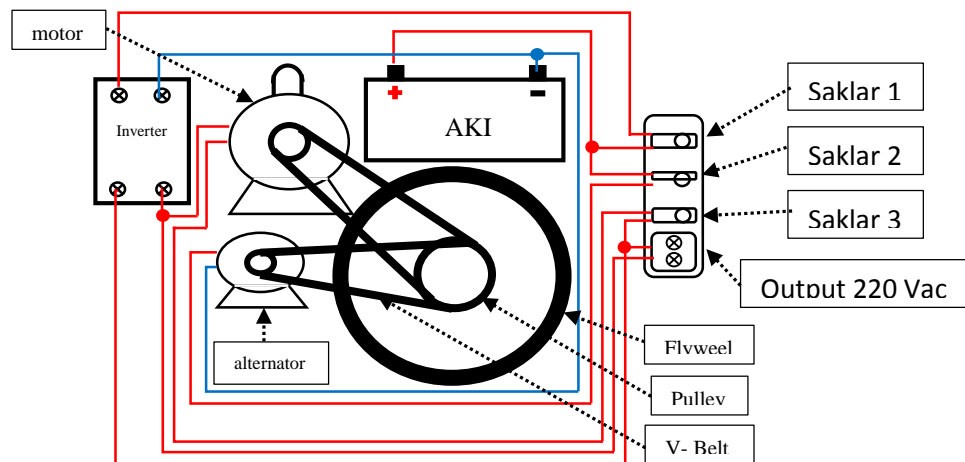
Gambar 4.1 memperlihatkan desain rangka pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan putaran *flywheel*. Pada rangka tersebut memiliki panjang 42 cm, lebar 40 cm dan tinggi 20 cm dimana pada penunjukan nomor satu diletakkan alternator, penunjukan nomor dua diletakkan inverter, penunjukan

nomor tiga diletakkan motor induksi 1 fase, penunjukan nomor empat diletakkan aki 12 volt 50 Ah, dan penunjukan nomor lima diletakkan *bearing* duduk (untuk poros engkol *flywheel*).



Gambar 4.2 desain pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan putaran *flywheel*

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 semua alat saling terhubung dan menjalankan fungsinya sebagai sistem yang saling mendukung. *Flywheel* sendiri memiliki peran penting yaitu sebagai penstabil putaran motor jika terjadi perubahan frekuensi yang singkat. *Alternator* sendiri juga berperan penting yaitu sebagai pegisian daya yang telah dikeluarkan oleh inverter itu sendiri.



Gambar 4.3 Rangkaian Pengawatan Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Memanfaatkan Putaran *Flywheel*

Gambar 4.3 menunjukkan jalur rangkaian pengawatan pada pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan putaran *flywheel*. Dalam rangkaian tersebut terdapat alat berupa satu buah motor induksi, satu buah inverter rakitan, satu buah *flywheel*, satu buah aki, dua buah V-bel, satu buah altrnator, satu buah terminal, tiga buah *pulley*, empat meter kabel NYAF warna merah, dua meter kabel NYAF warna hitam, dan tiga buah saklar toggle.

Adapun cara mengoperasikan pembangkit ini yaitu yang pertama saklar 1 diaktifkan setelah inverter aktif (Beban selain motor jangan diberikan agar tidak terjadi kehausan pada aki) saklar 3 juga diaktifkan agar motor induksi berputar disini harus menggu 5 sampai 10 detik agar putaran motor yang diinginkan yaitu dengan kecepatan 1400 Rpm pada motor, 900 Rpm pada *flywheel*, dan 1900 Rpm pada alternator. Setelah kecepatan yang kami inginkan sudah tercapai lalu saklar 2 diaktifkan agar pengisian tanganan pada aki yang sudah terbangun tadi. Sistem ini disebut *overunity* atau juga disebut pembangkit diri sendiri.

B. Data Hasil Pengukuran

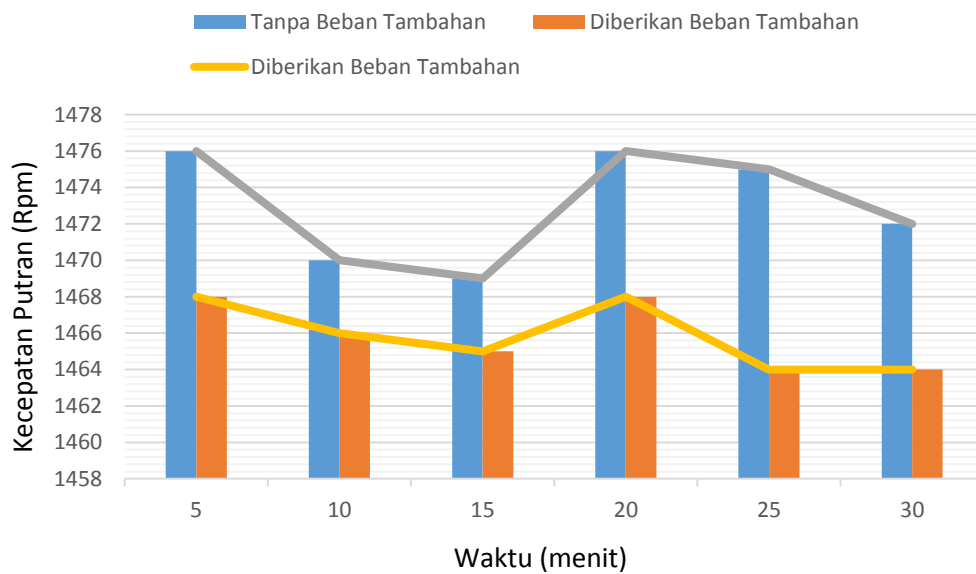
Dalam pengukuran alat tersebut ada tiga hal yang terukur dalam penelitian ini yaitu kecepatan putaran (Rpm), arus pada I (mA), dan tegangan (Volt). Alat yang digunakan dalam pengukuran tersebut yaitu multimeter dan tacometer. Dalam pengukuran yang dilakukan, pengukuran dilakukan sebanyak dua kali yaitu pengukuran tanpa beban tambahan dan diberikan beban tambahan berupa kipas angin 20 watt. Adapun hasil pengukurannya yang ditunjukkan pada tabel berikut:

1. Pengukuran kecepatan putaran (Rpm) tanpa beban tambahan dan diberikan beban tambahan yaitu pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Pengukuran kecepatan putaran (Rpm)

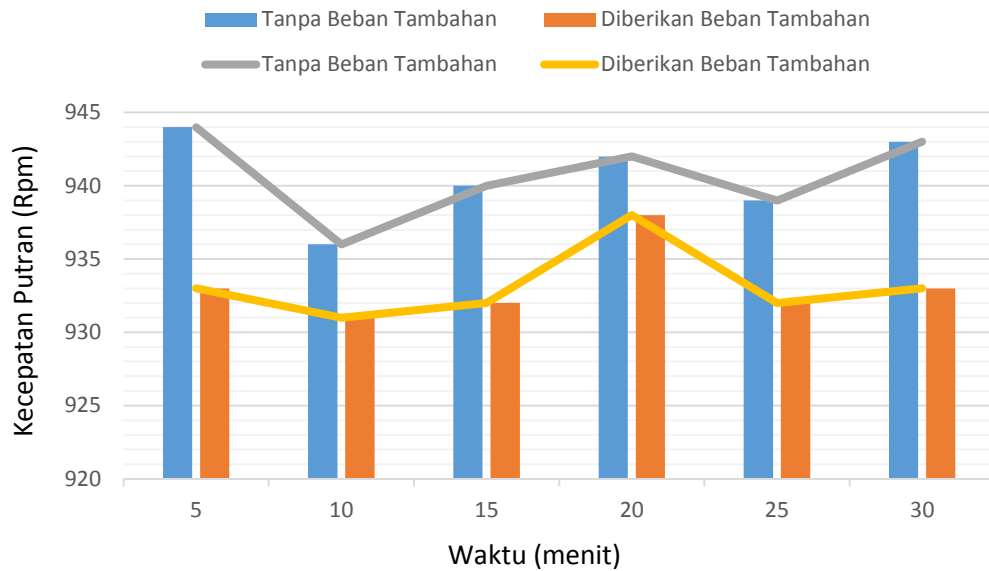
Waktu (menit)	Tanpa beban tambahan			Diberikan beban tambahan		
	Motor (Rpm)	Flyweel (Rpm)	Alternator (Rpm)	Motor (Rpm)	Flyweel (Rpm)	Alternator (Rpm)
5	1476	944	1945	1468	933	1930
10	1470	936	1938	1466	931	1933
15	1469	940	1942	1465	932	1933
20	1476	942	1940	1468	938	1930
25	1475	939	1933	1464	932	1935
30	1472	943	1940	1464	933	1931

Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa kecepatan motor memiliki kecepatan yaitu ≥ 1400 baik diberikan beban tambahan maupun tidak diberikan beban tambahan. Adapun gambar grafik kecepatan motor selama tiga puluh menit yang ditunjukkan pada gambar 4.4 :



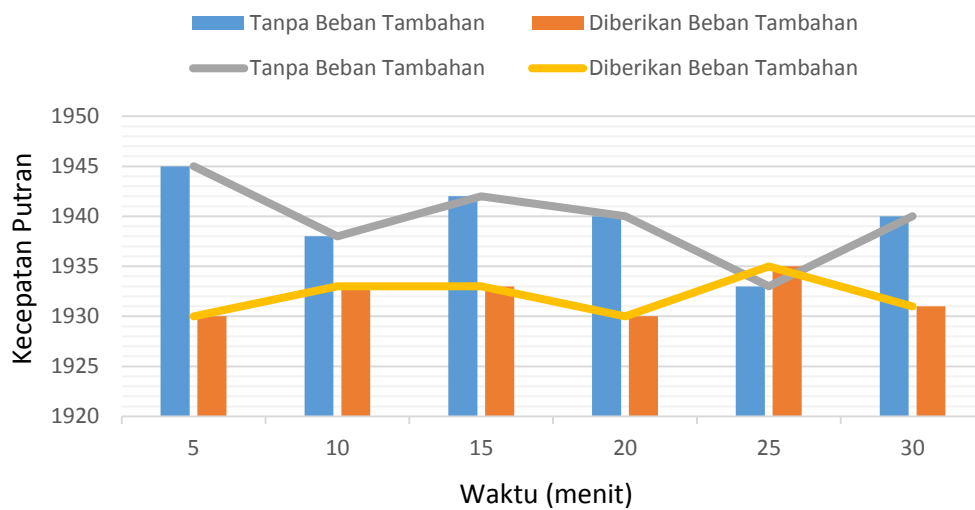
Gambar 4.4 Grafik kecepatan putaran motor (Rpm)

Gambar grafik 4.4 menunjukkan kecepatan putaran motor yang ≥ 1400 Rpm. Sedangkan *Flywheel* memiliki kecepatan putaran ≤ 1000 Rpm yang lebih rendah dibandingkan motor dan *alternator*, karna *Flywheel* sendiri memiliki diameter pulley yang cukup besar. Adapun grafik kecepatan putaran pada *Flywheel* ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik kecepatan putaran *Flywheel*

Untuk alternator sendiri memiliki kecepatan putaran yang cukup tinggi yaitu ≥ 1900 Rpm yang disebabkan alternator itu sendiri memiliki diameter pulley yang kecil dibanding pulley-pulley yang lain. Adapun gambar grafik pada alternator yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



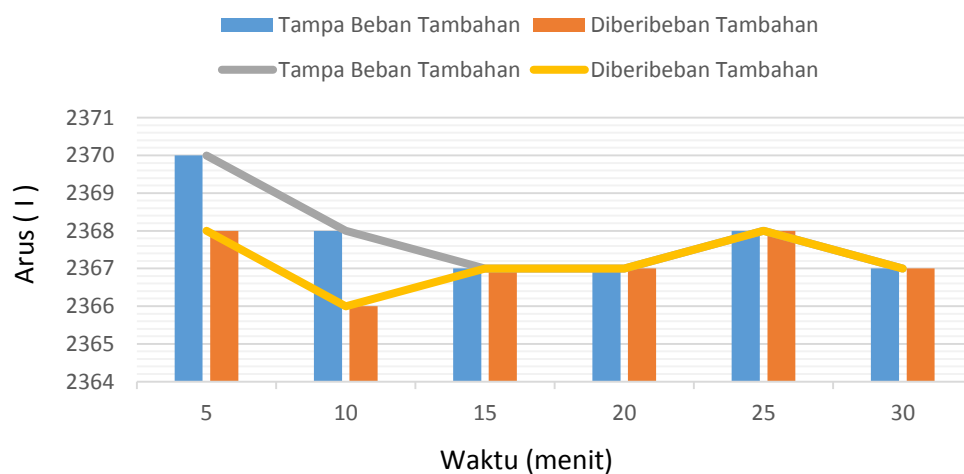
Gambar 4.6 Grafik kecepatan putaran *Alternator*

1. Pengukuran arus (I) tanpa beban tambahan dan diberibeban tambahan yaitu pada tabel 4.2 berikut :

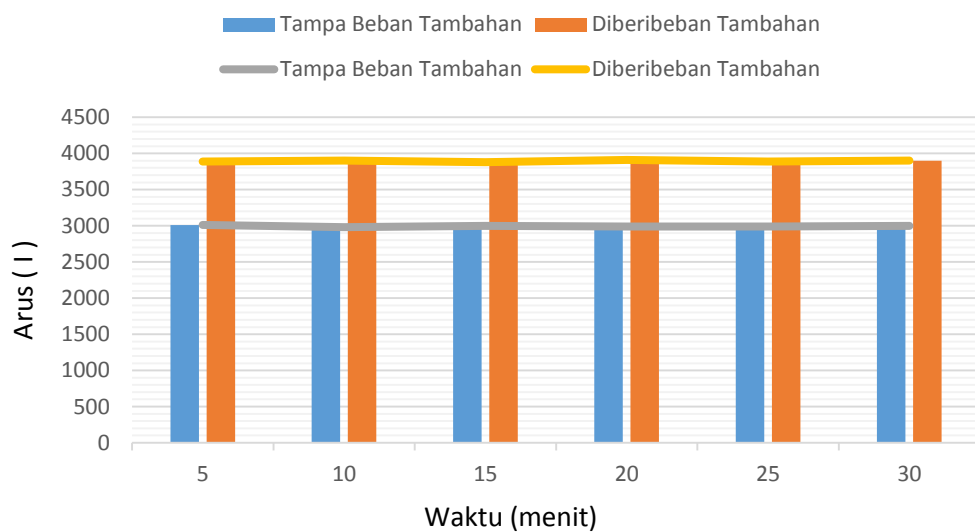
Tabel 4.2 Pengukuran arus (I)

Waktu (menit)	Tampa Beban Tambahan		Diberibeban Tambahan	
	Alternator (mA)	Inverter (mA)	Alternator (mA)	Inverter (mA)
5	2370	3010	2368	3890
10	2368	2980	2366	3900
15	2367	3000	2367	3880
20	2367	2990	2367	3910
25	2368	2990	2368	3890
30	2367	3000	2367	3900

Pada Tabel 4.2 menunjukkan arus kerluaran pada alternator dan inverter dimna arus alternator memiliki arus sebesar ≥ 2300 mA baik diberikan beban tambahan maupun tidak diberikan beban tambahan.

Gambar 4.7 grafik arus output pada *alternator*

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa arus keluaran alternator mencapai ≥ 2300 mA. Sedangkan untuk inverter sendiri memiliki arus keluaran yang akan berubah jika diberikan beban tambahan yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Adapun gambar grafik inverter yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.8 grafik arus output pada inverter

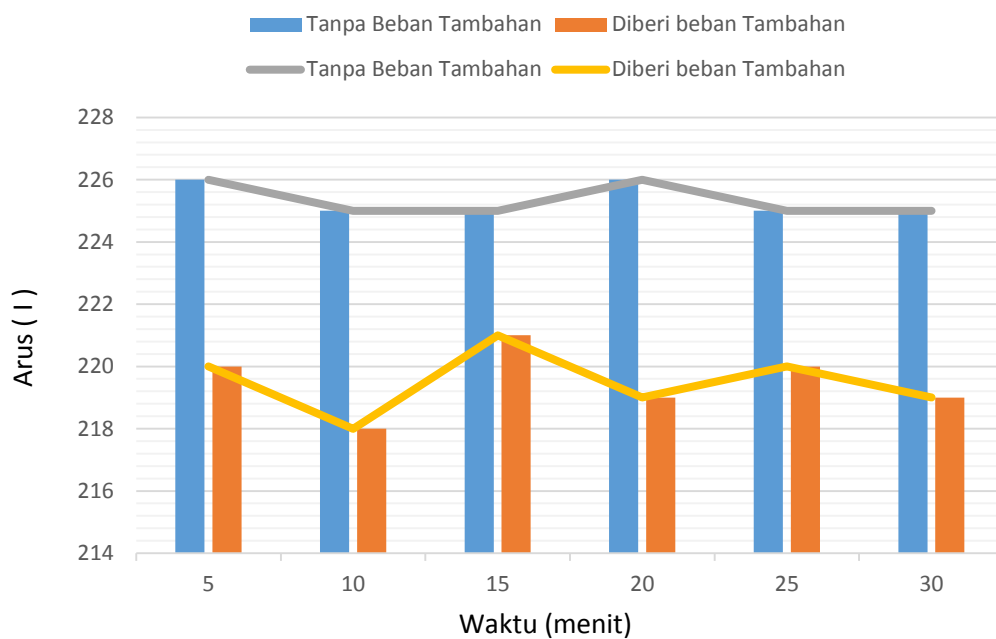
2. Pengukuran tegangan (Volt) tanpa beban tambahan dan diberibeban tambahan yaitu pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Pengukuran Tegangan (Volt)

Waktu (menit)	Tanpa Beban Tambahan		Diberibeban Tanbahan	
	Alternator (Volt)	Inverter (Volt)	Alternator (Volt)	Inverter (Volt)
5	14,4	226	14,4	220
10	14,4	225	14,4	218
15	14,4	225	14,4	221
20	14,4	226	14,4	219

Waktu (menit)	Tanpa Beban Tambahan		Diberibeban Tanbahan	
	Alternator (Volt)	Inverter (Volt)	Alternator (Volt)	Inverter (Volt)
25	14,4	225	14,4	220
30	14,4	225	14,4	219

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa sifat alternator memiliki output yang konstan yaitu 14,4 Volt baik itu diberikan beban maupun tidak diberikan beban tambahan. Akan tetapi output dari inverter sendiri berubah-ubah tergantung beban yang diberikan.



Gambar 4.9 Grafik tegangan pada *inverter*

Gambar 4.9 memperlihatkan output *inverter* dimana akan berubah jika diberikan tambahan beban yang terlalu banyak. Maka dari itu output *inverter* harus

kurang dari 85% agar tagangannya stabil dan tidak merusak komponen *inverter* itu sendiri.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis dapat menyimpulkan bahwa :

1. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *flywheel* itu sendiri dapat diandalkan dalam menjaga putaran mesin agar tetap berjalan normal sehingga dapat diaplikasikan pada Sistem *Chas Campbell*
2. Dalam pembuatan alat ini menggunakan komponen seperti motor induksi satu fase ½ HP 370 watt, *Flywheel* dengan berat 9 kg, Aki hybrid 12 volt 50 Ah, *Inverter* rakitan dengan daya 700 Watt, *Alternator* 12 volt 35 ampere, *Pulley* empat buah, V-belt dua buah (*V-belt vee-band* dan *V-belt wrapped construction*), Kabel NYAF, dan saklar toggle empat buah. Dimana dalam pembuatan alat ini menghasilkan putaran rata-rata motor ≥ 1400 Rpm, *flywheel* ≤ 1000 Rpm, dan *alternator* sendiri memiliki kecepatan ≥ 1900 Rpm. Akan tetapi output dari *inverter* yang bisa digunakan yaitu sebesar 150 watt.

B. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan yaitu :

1. Fungsi dari alat ini diharap bisa dikembangkan lagi agar bisa mensuplai peralatan elektronik lainnya yang membutuhkan daya yang lebih besar dengan

cara merubah *Alternator* yang memiliki tangangan tinggi yaitu 24 volt , motor 3 fasa 1,5 hp, *flywheel* 15 kg dua buah, dan *Inverter PWM* diatas 5000 watt.

2. Dalam penyusunan hasil penelitian ini, tentunya masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, untuk kepentingan penelitian-penelitian selanjutnya maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- AlphaputraYapeth, Aryamangala. 2011. Analisis Pengaruh Variasi *Flywheel* Terhadap Energi Kinetik Yang Mampu Disimpan Oleh *Flywheel* Pada Sistem Electro-Mechanical Kers. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Cibulka, J. 2009. Kynetic Energy Recovery System by Means of Flywheels Energy Storage: Advance Engineering.
- Mardiyanto, Wijoyo 2013," Perancangan Alat Uji Daya Motor Bakar Kendaraan Roda Dua Dengan Metode Moment Inerti": [www. e-jurnal.com](http://www.e-jurnal.com).
- Muhammad Muhtada, 2014" Analisa Penyerapan Energi Kinetik Pada Berbagai variasi Kecepatan inersia Flywheel, Jurnal Rekayasa Mesin Vol, 5: [www. e-jurnal.com](http://www.e-jurnal.com)
- Kelly, Patrick J. 2008. "*Practical Guide to 'Free-Energy' Devices Chapter 4: Gravity-Powered Systems*". United Kingdom
- Soebyakto 2014, "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Ombak SistemOsilator". : [www. e-jurnal.com](http://www.e-jurnal.com)
- Sutrisno, 1984. "Fisika asar 2 Mekanika", Bandung: ITB Bandung.
- Tipler, Paul A. 1998. " Fisika untuk Sains dan Teknik". Jilid 1 Jakarta : Erlangga.
- Aswardi, "Konverter DC-AC 3 Fasa (Three Phase Inverter) Elektronika Daya," Universitas Negeri Padang, Padang, 2009.
- R. Safitri, "Desain Sinkronisasi Inverter pada Grid Satu Fasa Metode Zero Crossing," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2016.
- Faqih Bahrudin. 2015. Akumulator.<http://Machinesquad.blogspot.co.id>. diunduh 6 Juli 2018. Jam 20.00 WIB.

Maulana Alfian. 2013. *Macam-macam elemen Fisika*.
<http://penulisinfo.blogspot.co.id>. Diunduh 15 Mei 2015. Jam 11.00 WIB.

Nasrah Anjani's . 2014. *Akimulator*.[http:// NasfrAh Ajnai's Blogspot.co.id](http://Nasrah_Ajnai's_Blogspot.co.id). diunduh 6 Juli 2018. Jam 20.00 WIB.

Anonim. (1995). *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.

Anonim. (1994). *New Step 2 Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.

Parekh, R., Microchip Technology Inc. *AC Induction Motors Fundamentals, AN887*. 2003. www.microchip.com,
ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00887a.pdf

Bureau of Energy Efficiency (BEE), Ministry of Power, India. *Components of an Electric Motor*. 2005.
www.energymanagertraining.com/equipment_all/electric_motors/eqp_comp_motors.htm

LAMPIRAN

LAMPIARAN



Gambar Multitester



Gambar Tacometer



Gambar V-bel



Gambar *Flyweel* dan *pulley*



Gambar Motor Induksi Satu Fase



Gambar *Alternator*



Gambar Aki Hybrid 50 AH