



**ANALISIS *RECTIFIER* PADA GENERATOR SINKRON PERMANEN
MAGNET (PMSG) TIPE *RADIAL* 3 FASA UNTUK PENGISIAN BATERAI
LITHIUM-ION 3,7 V**

SKRIPSI

Oleh

M.Khafid Febriansyah

NIM 141910201052

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**ANALISIS *RECTIFIER* PADA GENERATOR SINKRON PERMANEN
MAGNET (PMSG) TIPE *RADIAL* 3 FASA UNTUK PENGISIAN BATERAI
LITHIUM-ION 3,7 V**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
M.Khafid Febriansyah
NIM 141910201052

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Puji syukur terbitkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpah rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan skripsi ini banyak sekali semangat yang didapatkan dari banyak pihak. Untuk itu persembahan ini penulis berikan kepada :

1. Bapak Moch Khoirul Anam dan Ibu Lik Indriani tercinta, yang selalu mendoakan, mengarahkan, serta memberikan dukungan penuh dengan segala perhatiannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Dosen Pembimbing Utama Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T serta Bapak Dosen Pembimbing Anggota Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. atas kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing saya menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Seluruh dulur KETEK UJ 2014 yang telah memberikan dukungan dan doanya.
5. Sahabat-sahabat ku tercinta yang telah memberikan semangat serta perhatian yang luar biasa.
6. Saudara-saudara ku Teknik Elektro Universitas Jember.
7. Almamater Tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 5)

“dan berpeganglah kamu semuanya kepada tali (agama) Allah”

(QS. Ali Imran : 103)

“Jika kita pandai bersyukur, sebenarnya tidak ada yang buruk bagi kita. Justru

Allah telah memberikan yang terbaik”

(Emha Ainun Nadjib)

“Ada orang yang mengkritik tapi tidak memberi jalan keluar, ada orang yang

memberi jalan keluar tanpa mengkritik”

(Emha Ainun Nadjib)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M.Khafid Febriansyah

NIM : 141910201052

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ”Analisis *Rectifier* pada generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion* 3,7 v” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Januari 2020

Yang menyatakan,

M.Khafid Febriansyah
NIM 141910201052

SKRIPSI

**ANALISIS *RECTIFIER* PADA GENERATOR SINKRON PERMANEN
MAGNET (PMSG) TIPE *RADIAL* 3 FASA UNTUK PENGISIAN BATERAI
*LITHIUM-ION 3,7 V***

Oleh

M.Khafid Febriansyah

NIM 141910201052

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis *Rectifier* pada Generator Sinkron Permanen Magnet (PMSG) Tipe Radial 3 Fasa Untuk Pengisian Baterai *Lithium-Ion 3,7 V*” karya M.Khafid Febriansyah telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 23 Desember 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 197004041996011001

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Anggota II,

Anggota III,

Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 197104022003121001

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Triwahyu Hardianto, S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

Analisis *Rectifier* pada generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion* 3,7 v

M.Khafid Febriansyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang bekerja berdasarkan energi gerak atau mekanik yang kemudian merubahnya menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari – hari. Generator menggunakan prinsip percobaan faraday yaitu memutar magnet dalam suatu kumparan atau sebaliknya. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet yang digunakan untuk pengisian baterai *lithium ion*. Pada penelitian ini menggunakan kawat email 0,3 mm dan diode tipe 1N4002. Pada perancangan ini membuat generator tipe *radial*, menggunakan 12 *coil*, tipe baterai yang digunakan yaitu *lithium ion* dengan kapasitas sekitar 3000 Mah, selain itu pada rotor menggunakan 8 magnet neodmium pada tiap kumparan terdapat 830 lilitan.

Kata Kunci: Generator Sinkron Permanen Magnet (PMSG), *Rectifier*, Dioda tipe 1N4002, Baterai Lithium-Ion 3,7 V

*Analisis Rectifier Pada Generator Sinkron Permanen Magnet (PMSG) Tipe
Radial 3 Fasa Untuk Pengisian Baterai Lithium-Ion 3,7 V*

M.Khafid Febriansyah

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of
Jember*

ABSTRACT

Generator is an electric engine that works based on mechanical or mechanical energy which then converts it into electrical energy that can be utilized in everyday life. The generator uses the principle of the faraday experiment, which is turning the magnet in a coil or vice versa. In this study rectifier analysis will be carried out on permanent magnet synchronous generator used for charging lithium ion batteries. In this study using 0,3 mm e-mail wire and type 1N4002 diode. In this design make a radial type generator, using 12 coil, the type of battery used is lithium ion with a capacity of around 3000M ah, in addition to the rotor using 8 neodymium magnets on each coil there are 830 turns.

Keywords: *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG), Rectifier, Diode type 1N4002, Battery Lithium-Ion 3,7 V*

RINGKASAN

Analisis Rectifier Pada Generator Sinkron Permanen Magnet (PMSG) Tipe Radial 3 Fasa Untuk Pengisian Baterai Lithium-Ion 3,7 Volt. ; M.Khafid Febriansyah ; 141910201052; 2020; 49 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Listrik merupakan salah satu energi yang menjadi kebutuhan pokok bagi hampir semua manusia. Listrik menjadi salah satu energi vital dan menjadi penopang hampir semua kegiatan ekonomi dan aktifitas manusia. Untuk memenuhi kebutuhan manusia akan listrik telah banyak dibangun sistem pembangkit listrik di Indonesia. Saat ini, pemerintah telah berkomitmen untuk merealisasikan penyediaan listrik sebesar 35 ribu MegaWatt (MW) dalam jangka waktu 5 tahun (2014 - 2019). Pemerintah bekerjasama dengan PLN dan swasta akan membangun 109 pembangkit, dimana 35 proyek dikerjakan oleh PLN dan 74 proyek lainnya dikerjakan oleh swasta/*Independent Power Producer* (IPP). Berkaitan dengan pembangkit maka diperlukan mesin listrik yang mampu untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik, dalam hal ini adalah generator.

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang bekerja berdasarkan energi gerak atau mekanik yang kemudian merubahnya menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari – hari. Generator menggunakan prinsip percobaan faraday yaitu memutar magnet dalam suatu kumparan atau sebaliknya, ketika magnet bergerak dalam suatu kumparan, terjadi perubahan fluks gaya magnet (perubahan penyebaran arah medan magnet) dalam kumparan dan menembus tegak lurus terhadap kumparan sehingga timbul beda potensial antara ujung kumparan (membangkitkan listrik).

Generator pada pembangkit listrik tenaga bayu memiliki karakter yang spesifik dibandingkan dengan generator lainnya. Generator ini mampu menghasilkan energi listrik pada putaran rendah. Generator sinkron permanen magnet (SPMG) merupakan generator sinkron yang menggunakan magnet permanen. SPMG banyak dimanfaatkan pada pembangkit tenaga listrik terutama

pada pembangkit listrik energi terbarukan. SPMG mempunyai banyak kelebihan seperti ukuran dan harga yang murah, konstruksinya sederhana tapi kokoh, dan memiliki efisiensi yang tinggi. Selain itu, menurut Cheng (2003) lebih dari setengah dari 10 terbaik produsen turbin di dunia tertarik dengan teknologi generator jenis ini.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis *Rectifier* pada generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion* 3,7 v”. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Bapak Dr. Triwahyu Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T selaku Dosen Pembing Utama serta Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini.
7. Bapak Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Dosen Pembing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
8. Ayahanda Moch Khoirul Anam, Ibunda Lik Indriani serta Adik Sherly Amalia Rahmadanti yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tak terhingga.

9. Sahabat tercinta “Pasukan Berani S.T.” yang telah menemani dan memberikan motivasi serta semangat yang sangat luar biasa.
10. Dulur seperjuangan KETEK UJ 2014 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam perjalanan di bangku kuliah.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 28 Januari 2020

Penulis

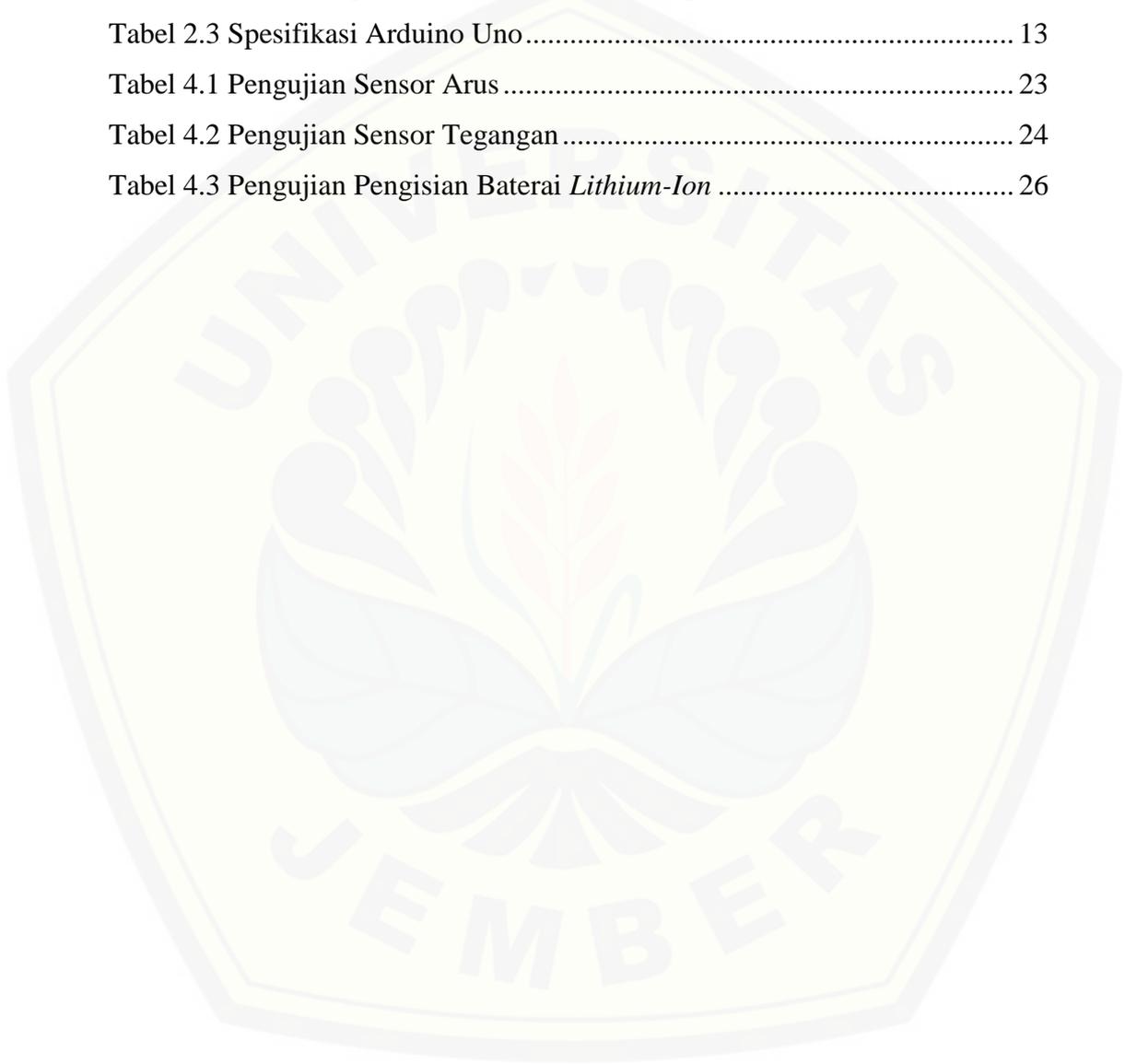
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	.i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	.ii
HALAMAN MOTTO .....	.iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	.iv
HALAMAN PEMBIMBING .....	.v
HALAMAN PENGESAHAN.....	.vi
ABSTRAK .....	.vii
ABSTRACT .....	.viii
RINGKASAN .....	.ix
PRAKATA .....	.xi
DAFTAR ISI.....	.xiii
DAFTAR TABEL .....	.xv
DAFTAR GAMBAR.....	.xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Rectifier	4
2.2 Penyearah Setengah Gelombang (<i>Half Wafe Rectifier</i>)	4
2.3 Penyearah Gelombang Penuh (<i>Full Wafe Rectifier</i>).....	5
2.3.1 Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda	5
2.3.2 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda (<i>Bridge Rectifier</i>)	6
2.3.3 Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa	7
2.4 Baterai Lithium Ion.....	9

2.4.1	Karakteristik Baterai <i>Lithium-Ion</i>	10
2.4.2	Perbandingan Baterai <i>Lithium-Ion</i> dengan Jenis Lain	12
2.5	Arduino Uno R3	12
2.6	Sensor Tegangan	14
2.7	Sensor Arus	14
2.8	Dioda	15
2.9	Dimmer AC	16
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.1.1	Tempat Penelitian.....	17
3.1.2	Waktu Penelitian	17
3.2	Alat dan Bahan	17
3.3	Tahapan Penelitian	18
3.4	Perancangan Sistem	20
3.4.1	Perancangan Sistem.....	20
3.5	Rectifier Permanen Magnet	20
3.5.1	Pengisian pada Baterai <i>Lithium-ion</i>	20
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1	Pengujian Sensor	22
4.1.1	Pengujian Sensor Arus ACS712.....	22
4.1.2	Pengujian Sensor Tegangan.....	24
4.1.3	Pengujian Baterai.....	26
BAB 5.	PENUTUP	29
5.1	Kesimpulan	29
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	.....	31
LAMPIRAN	.....	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komponen dan Reaksi Dalam Baterai <i>Lithium-Ion</i>	11
Tabel 2.2 Perbandingan Baterai <i>Lithium-Ion</i> dengan Jenis Lain	12
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno.....	13
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Arus	23
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Tegangan	24
Tabel 4.3 Pengujian Pengisian Baterai <i>Lithium-Ion</i>	26



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gelombang Dioda	4
Gambar 2.2 Penyearah Setengah Gelombang.....	5
Gambar 2.3 Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda.....	6
Gambar 2.4 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda.....	7
Gambar 2.5 Penyearah Gelombang Penyearah 3 Fasa.....	8
Gambar 2.6 Gelombang Penyearah 3 Fasa	9
Gambar 2.7 Struktur Baterai <i>Lithium-Ion</i>	10
Gambar 2.8 Bentuk Fisik Arduino Uno R3	12
Gambar 2.9 Sensor Tegangan DCT-Elektronik	14
Gambar 2.10 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712	15
Gambar 2.11 Dioda Tipe 1N4002.....	16
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	20
Gambar 3.3 Rangkaian Penyearah	21
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sensor Arus.....	23
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Tegangan.....	25

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu energi yang menjadi kebutuhan pokok bagi hampir semua manusia. Listrik menjadi salah satu energi vital dan menjadi penopang hampir semua kegiatan ekonomi dan aktifitas manusia. Untuk memenuhi kebutuhan manusia akan listrik telah banyak dibangun sistem pembangkit listrik di Indonesia. Saat ini, pemerintah telah berkomitmen untuk merealisasikan penyediaan listrik sebesar 35 ribu MegaWatt (MW) dalam jangka waktu 5 tahun (2014-2019). (Sidik Nugroho, 2016)

Pemerintah bekerjasama dengan PLN dan swasta akan membangun 109 pembangkit, dimana 35 proyek dikerjakan oleh PLN dan 74 proyek lainnya dikerjakan oleh swasta/*Independent Power Producer* (IPP). Berkaitan dengan pembangkit maka diperlukan mesin listrik yang mampu untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik, dalam hal ini adalah generator. (Sidik Nugroho, 2016)

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang bekerja berdasarkan energi gerak atau mekanik yang kemudian merubahnya menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari – hari. Generator menggunakan prinsip percobaan faraday yaitu memutar magnet dalam suatu kumparan atau sebaliknya, ketika magnet bergerak dalam suatu kumparan, terjadi perubahan fluks gaya magnet (perubahan penyebaran arah medan magnet) dalam kumparan dan menembus tegak lurus terhadap kumparan sehingga timbul beda potensial antara ujung kumparan (membangkitkan listrik), hal ini karena adanya perubahan fluks magnetik. Fluks magnetik dapat diubah dengan menggerakkan magnet dalam kumparan atau sebaliknya dengan memanfaatkan sumber energi lain, seperti angin dan air untuk memutar baling - baling turbin sehingga menggerakkan magnet tersebut. (Sidik Nugroho, 2016).

Generator pada pembangkit listrik tenaga bayu memiliki karakter yang spesifik dibandingkan dengan generator lainnya. Generator ini mampu menghasilkan energi listrik pada putaran rendah (Rizki, 2018). Generator sinkron permanen magnet (SPMG) merupakan generator sinkron yang menggunakan magnet permanen. SPMG banyak dimanfaatkan pada pembangkit tenaga listrik terutama pada pembangkit listrik energi terbarukan. SPMG mempunyai banyak kelebihan seperti ukuran dan harga yang murah, konstruksinya sederhana tapi kokoh, dan memiliki efisiensi yang tinggi. Selain itu, menurut Cheng (2003) lebih dari setengah dari 10 terbaik produsen turbin di dunia tertarik dengan teknologi generator jenis ini.

Penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan generator permanen magnet untuk PLTB yaitu Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen yang menghasilkan daya sebesar 200 Watt (Nahkoda dkk, 2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performa Generator Sinkron Fluks Radial (Indriani dkk, 2015). Pada penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penelitian dan pengembangan terhadap desain generator permanen magnet yang memiliki karakter khusus masih perlu dilakukan. Rizki (2018) pernah melakukan penelitian tentang desain generator permanen magnet yang mempunyai karakter putaran rendah 1000 rpm dan dapat menghasilkan daya sebesar 500 watt akan tetapi pada penelitian tersebut masih dilakukan secara simulasi.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet yang digunakan untuk pengisian baterai *lithium ion*. Pada penelitian ini menggunakan kawat email 0,3 mm dan diode tipe 1N4002. Pada perancangan ini membuat generator tipe *radial*, menggunakan 12 *coil*, tipe baterai yang digunakan yaitu *lithium ion* dengan kapasitas sekitar 3000 Mah, selain itu pada rotor menggunakan 8 magnet neodmium pada tiap kumparan terdapat 830 lilitan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan sebelumnya, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet?
2. Bagaimana tegangan dan arus keluaran dari *rectifier* untuk pengisian baterai *Lithium Ion 3,7 V* ?
3. Bagaimana rangkaian dari *rectifier* yang digunakan untuk pelitian pengisian baterai *Lithium Ion 3,7 V* ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian masalah tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Menggunakan diode tipe 1N4002 untuk *rectifier*.
2. Menggunakan sensor tegangan dan sensor arus.
3. Menggunakan baterai tipe *Lithium-Ion 3,7 volt* untuk pengujiannya.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kinerja dari *rectifier*.
2. Mengetahui tegangan dan arus keluaran dari *rectifier*.
3. Untuk mengetahui rangkaian yang digunakan untuk pengisian pada baterai tipe *Lithium-Ion*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan oleh peneliti pada analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe Radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion* ini, yang mampu mengetahui tegangan keluaran dari generator sinkron permanen magnet tiga fasa dan mengetahui proses pengisian pada baterai *lithium ion 3,7V*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rectifier

Rectifier atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan penyearah gelombang adalah suatu bagian dari rangkaian catu daya atau power supply yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Rangkaian rectifier atau penyearah gelombang ini pada umumnya menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Hal ini dikarenakan dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah dioda dialiri arus listrik bolak-balik (AC), maka diode tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir atau dipotong.



Gambar 2.1 Gelombang dioda

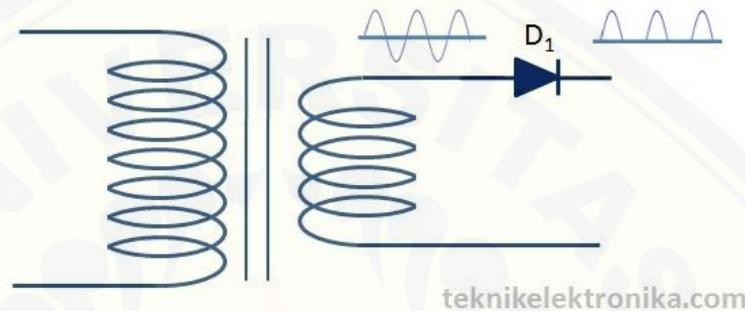
2.2 Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave Rectifier*)

Penyearah Setengah Gelombang merupakan penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan satu buah dioda untuk menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari power supply dan melewatkan sisi sinyal positifnya.

Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari dua sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi positif gelombang dari arus AC yang masuk ke dioda akan menyebabkan *diode* menjadi bias maju (*Forward Bias*) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi negative gelombang arus AC yang masuk akan

menjadikan diode dalam posisi bias terbalik (*Reverse Bias*) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

Penyearah Setengah Gelombang (Half Wave Rectifier)



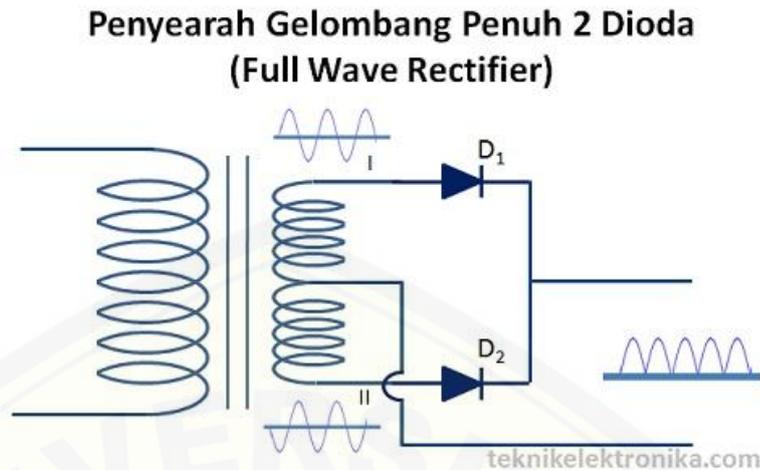
Gambar 2.2 Penyearah Setengah Gelombang

2.3 Penyearah Gelombang Penuh (*Full Wave Rectifier*)

Terdapat tiga cara untuk membentuk penyearah gelombang penuh (*Full Wave Rectifier*). Ketiga cara tersebut tetap menggunakan diode sebagai penyearah namun dengan jumlah diode yang berbeda yaitu dengan menggunakan dua buah *diode* empat buah diode dan enam buah *diode*. Penyearah gelombang penuh dengan dua *diode* harus menggunakan transformator CT sedangkan penyearah empat diode ataupun lebih tidak perlu menggunakan transformator CT, penyearah empat diode sering disebut juga dengan *Full Wave Bridge Rectifier*.

2.3.1 Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda

Seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa penyearah gelombang penuh dua dioda memerlukan transformator khusus yang dinamakan dengan transformer CT (Centre Tapped). Transformator CT memberikan keluaran (Output) tegangan yang berbeda fasa 180° melalui kedua terminal output sekundernya. Perbedaan fasa 180° tersebut dapat dilihat seperti gambar berikut.



Gambar 2.3 Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda.

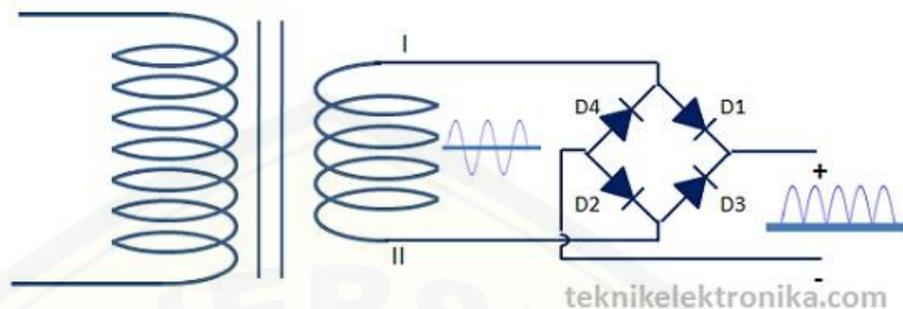
Disaat output transformer CT pada terminal pertama memberikan sinyal positif pada D₁, maka terminal kedua pada transformer CT akan memberikan sinyal negatif (-) yang berbeda fasa 180° dengan terminal pertama. D₁ yang mendapatkan sinyal positif (+) akan berada dalam kondisi bias maju (*Forward Bias*) dan melewati sinyal positif (+) tersebut, sedangkan D₂ yang mendapatkan sinyal negatif (-) akan berada dalam kondisi bias terbalik (*Reverse Bias*) sehingga menghambat sinyal negatifnya.

Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada terminal pertama berubah menjadi sinyal negatif maka D₁ akan berada dalam kondisi *reverse bias* dan menghambatnya. Terminal kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi sinyal positif sehingga D₂ berubah menjadi kondisi *forward bias* yang melewati sisi sinyal positif tersebut.

2.3.2 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda (*Bridge Rectifier*)

Penyearah gelombang penuh dengan menggunakan empat buah diode adalah jenis rectifier yang paling sering digunakan dalam rangkaian power supply karena memberikan kinerja yang lebih baik dari jenis penyearah lainnya. Penyearah gelombang penuh empat diode ini juga sering disebut dengan Bridge Rectifier atau penyearah jembatan.

Penyearah Gelombang Penuh – 4 Dioda (Full Wave Rectifier – 4 Diode)



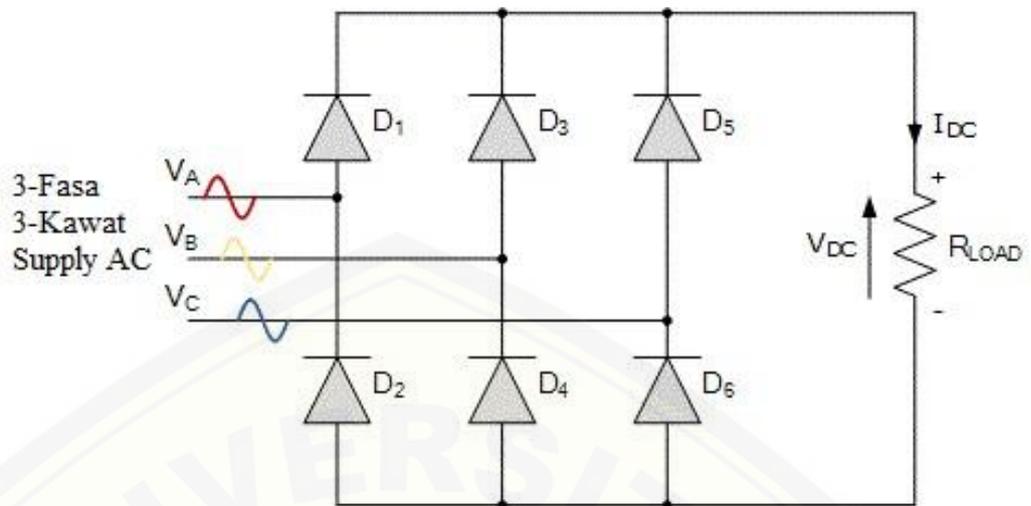
Gambar 2.4 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda.

Berdasarkan gambar diatas, jika transformer menguarkan output sisi sinyal positif (+) maka Output D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewati sinyal positif tersebut sedangkan D3 dan D4 akan menghambat sinyal sisi negatifnya. Kemudian saat output transformer berubah menjadi sisi sinyal negatif (-) maka D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewati sinyal sisi positif (+) tersebut sedangkan D1 dan D2 akan menghambat sinyal negatifnya.

2.3.3 Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa

Rangkaian jembatan penyearah tiga fasa gelombang penuh yang tak terkendali menggunakan enam buah diode, dua per fasa dengan cara yang mirip dengan penyearah jembatan fasa tunggal. Penyearah tiga fasa gelombang penuh diperoleh dengan menggunakan dua rangkaian penyearah setengah gelombang. Keuntungannya disini adalah bahwa rangkaian menghasilkan output riak yang lebih rendah daripada penyearah tiga fasa setengah gelombang sebelumnya karena memiliki frekuensi enam kali bentuk gelombang AC input.

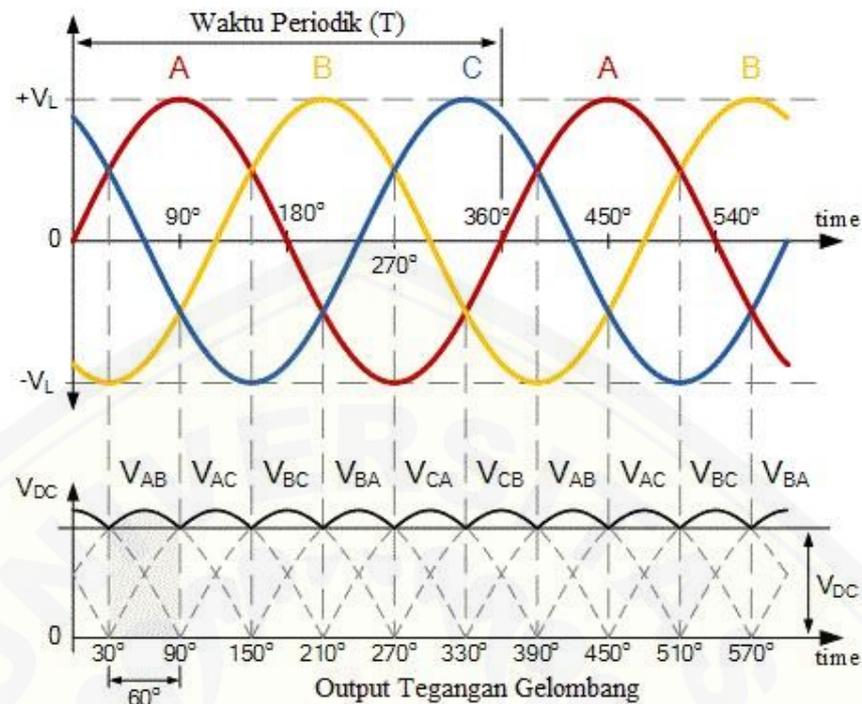
Penyearah gelombang penuh dapat diumpangkan dari supply delta tiga kawat tiga fasa seimbang yang seimbang karena tidak diperlukan kabel netral (N) keempat.



Gambar 2.5 Penyearah Gelombang Penuh 3 Fasa.

Mengansumsi rotasi fasa Merah-Kuning-Biru (V_a - V_b - V_c) dan fasa merah (V_a) dimulai pada 0° . Setiap fasa dihubungkan antara sepasang diode seperti yang ditunjukkan. Satu diode pasangan konduktor daya sisi positif (+) beban, sedangkan diode lainnya daya sisi negative (-) beban.

Diode D_1 , D_3 , D_2 , dan D_4 membentuk jaringan penyearah jembatan antara fasa A dan B, demikian pula diode D_3 , D_5 , D_4 , dan D_6 antara fasa B dan C sedangkan D_5 , D_1 , D_6 , dan D_2 antara fasa C dan A. Kemudian dapat dilihat bahwa untuk penyearah tiga fasa, diode menjalankan pasangan yang cocok memberikan pola konduksi untuk arus beban D_1 - 2 , D_1 - 6 , D_3 - 6 , D_3 - 4 , D_5 - 4 , D_5 - 2 , dan D_1 - 2 .

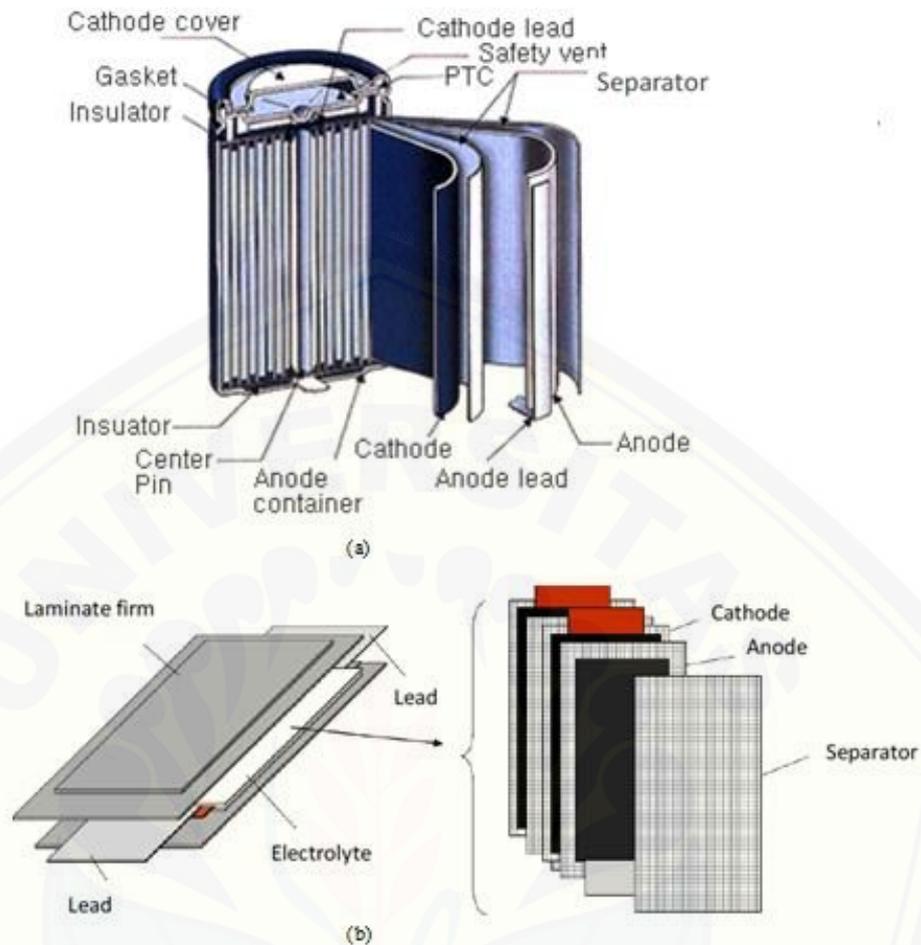


Gambar 2.6 Gelombang Penyearah 3 Fasa.

Dalam power penyearah 3-fasa, konduksi selalu terjadi di dioda paling positif dan dioda paling negatif yang sesuai. Jadi ketika tiga fasa berputar melintasi terminal penyearah, konduksi dilewatkan dari dioda ke dioda. Kemudian setiap dioda berjalan selama 120° (sepertiga) dalam setiap siklus supply tetapi karena dibutuhkan dua dioda untuk berjalan berpasangan, setiap pasangan dioda akan berjalan hanya 60° (satu-keenam) dari siklus pada satu waktu seperti ditunjukkan di atas.

2.4 Baterai Lithium-Ion

Baterai *lithium-ion* merupakan salah satu jenis baterai yang banyak digunakan. Elektrode aktif pada baterai *lithium-ion* merupakan *lithium metal oxide* untuk elektrode positif sedangkan *carbon* pada elektrode negatif. Material ini menganut arus kolektor logam dengan bahan pengikat, berupa *polivinilidena flourida* (PVDF) atau *kopolimer polivinilidena fluorida-hexafluoropropylene* (PVDF-HFP) dan penencer konduktif.



Gambar 2.7 Struktur baterai *Lithium-ion*.

2.4.1 Karakteristik Baterai *Lithium-Ion*

Sel-sel baterai *lithium-ion* terdiri dari empat komponen utama: katoda, anoda, elektrolit dan pemisah. Tabel 2.1 menggambarkan komponen-komponen penting dengan fungsi dan bahan umum dan prinsip kerja reaksi elektrokimia dalam baterai *lithium-ion*. Bahan elektroda dalam baterai *lithium-ion* adalah *lithium metal oxide* untuk bahan katoda yang memiliki sebuah struktur terowongan pada arus kolektor aluminium dan *lithiated graphite* untuk bahan anoda yang memiliki struktur berlapis pada tembaga arus kolektor.

Tabel 2.1 Komponen dan reaksi dalam baterai lithium-ion

Components	Operations	Materials
Cathode	Lithium ions enter the cathode when the battery discharges and leave when the battery charges	Lithium metal oxide powder
Anode	Lithium ions leave the anode when the battery discharges and enter the anode when the battery charges	Graphitic carbon powder
Electrolyte	The electrolyte allows transport of lithium ions between cathode and anode but not electrons	Lithium salts and organic solvents
Separator	The separator prevents short circuit between cathode and anode and only pass lithium ions through pores	Micro-porous membranes
Electrochemical reactions		
Cathode:	$\text{LiMO}_2 \xrightleftharpoons[\text{discharge}]{\text{charge}} \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + x\text{Li}^+ + xe^-$	
Anode:	$\text{C} + x\text{Li}^+ + xe^- \xrightleftharpoons[\text{discharge}]{\text{charge}} \text{Li}_x\text{C}$	
Overall:	$\text{LiMO}_2 + \text{C} \xrightleftharpoons[\text{discharge}]{\text{charge}} \text{Li}_x\text{C} + \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2$	

Dalam proses *discharge*, *lithium* di anoda terionisasi dan dipancarkan ke elektrolit. *Ion lithium* bergerak melalui pemisah dan kemudian masuk ke dalam lubang berukuran atom di katoda *lithium metal oxide*. Pada saat yang sama, elektron dilepaskan dari anoda. Hal ini menjadi perjalanan arus listrik ke beban eksternal. Selama pengisian siklus, *ion lithium* pergi dari katoda ke anoda melalui separator. Oleh karena itu, sel *lithium ion* dapat diisi ulang berdasarkan reaksi *reversible* yang terjadi.

2.4.2 Perbandingan Baterai *Lithium-Ion* dengan Jenis Lain

Baterai *lithium-ion* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan jenis lain yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Perbandingan Baterai Lithium-ion dengan Jenis Lain

Battery type	Lead-acid	Ni-Cd	Ni-MH	Lithium-ion
Energy density ^a (W/kg)	30-50	45 – 80	60-120	110-160
Power density ^b	180	150	250 – 1000	1800
Nominal voltage	2V	1.25V	1.25V	3.6V
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Very low
Self-discharge	Low	Moderate	High	Very low
Operating temperature	-20-60°C	-40-60°C	-20-60°C	-20-60°C
Cycle life ^c	200-300	1500	300-500	500-1000

a: Chargeable electric energy per weight of battery pack

b: Proportion of dischargeable electric energy to charged energy

c: The number of charging/discharging cycles in battery's entire life

2.5 Arduino Uno R3

Arduino uno merupakan perangkat elektronik dengan sistem *open source*. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, dan tombol *reset*.



Gambar 2.8 Bentuk Fisik Arduino Uno R3

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa

pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Papan Arduino adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno :

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7-12V
Tegangan input (batas)	6-20V
Digital I/O	14 pin (dimana 6 output PWM)
Input Analog	6 pin
Arus DC per I/O	Pin 40 Ma
Arus DC untuk 3.3V	Pin 50 mA
Memori flash 32KB (ATmega328)	0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz

Diterjemahkan dari (Arduino Uno)

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Intruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

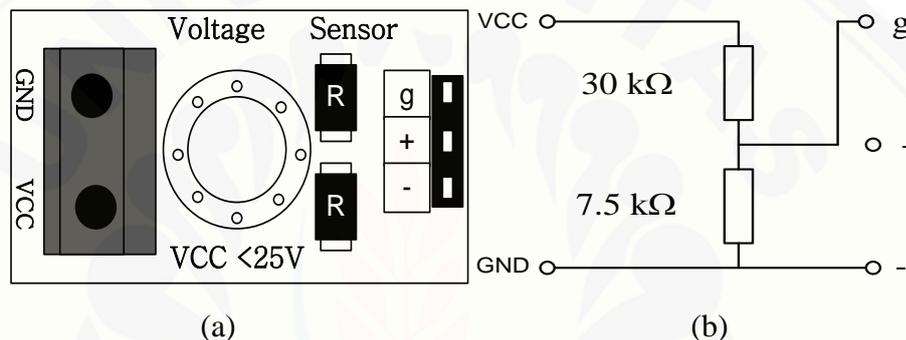
Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain sebagai berikut :

- a. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- b. 32 x 8-bit register serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 Mbps dengan *clock* 16MHz.
- d. 32 KB *flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
- e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- f. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 2KB.

- g. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- h. *Master / Slave SPI serial interface*.
- i. Tegangan operasi sekitar 1,8 V sampai dengan 5,5V.

2.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpungkan ke pin kontroler yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC).



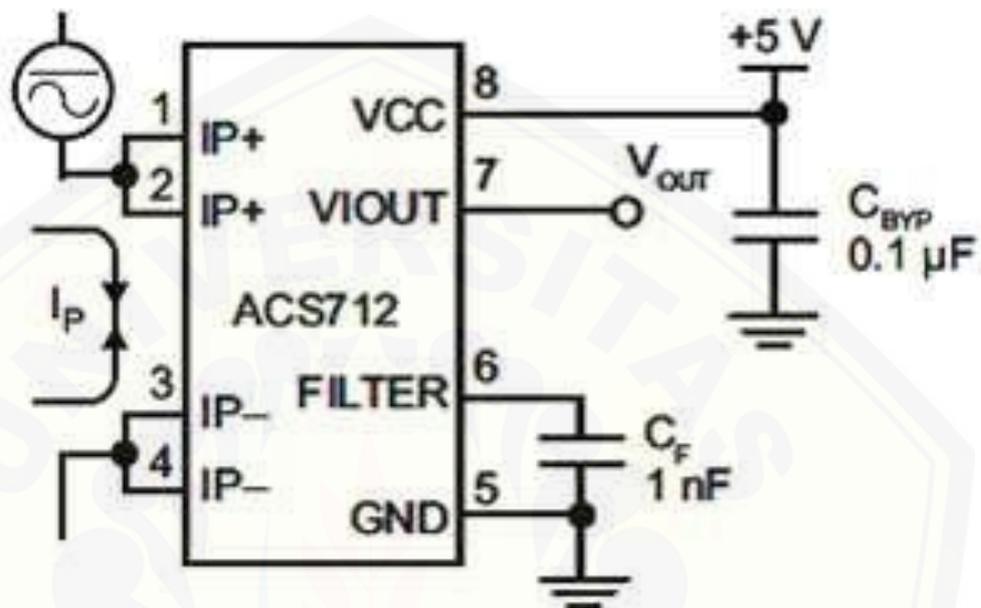
Gambar 2.9 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

Gambar (a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar (b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan - adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler.

2.7 Sensor Arus

ACS712 adalah sebuah modul sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ACS712 dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor arus ACS712 telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas untuk pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang relatif kecil. Sensor jenis ini juga sering digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun

komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



Gambar 2.10 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712

2.8 Dioda

Dioda adalah sebuah komponen atau alat elektronik yang hanya menghantarkan listrik pada satu arah, karena itu disebut dioda penyearah. Dioda sering juga disebut dengan “*junction-diode*” (dioda pertemuan) karena dibuat dengan mempertemukan dua lapisan bahan semikonduktor (germanium atau silikon) dengan tipe yang berbeda. Satu lapisan dari tipe P (positif) dan satunya lagi dari tipe N (negatif).

Lapisan semikonduktor tipe P tersambung dengan satu elektroda (kaki atau pin) dan disebut katoda. Lapisan semikonduktor tipe N tersambung dengan elektroda lainnya dan disebut anoda. Hasil dari penggabungan dua lapisan itu adalah sifat dioda yang menghantarkan listrik hanya ke satu arah.



Gambar 2.11 Dioda Tipe 1N4002

2.9 Dimmer AC

Dimmer adalah rangkaian elektronik yang memodifikasi bentuk sinyal ac murni menjadi sinyal terpotong-potong sehingga daya keluaran bisa diatur. Pemotongan sinyal ac ini berguna sebagai peredup lampu, memperlambat motor, mengatur pemanasan dan lainnya.

Dimmer ac yang lebih kompleks menggunakan PWM sebagai pengendalinya. PWM bisa dihasilkan oleh rangkaian SCR, chip atau IC PWM atau mikrokontroler. Dimmer PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil, sehingga pengontrolan menjadi lebih presisi.



Gambar 2.12 Dimmer 2000 watt.

BAB 3. METOLOGI PENELITIAN

Pembahasan pada bab ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, tahap penelitian, blok diagram dan perancangan sistem, desain sistem untuk analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion*. Adapun kegiatan yang dilakukan, dijelaskan dalam susunan seperti berikut :

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111.

3.1.2 Waktu Penelitian

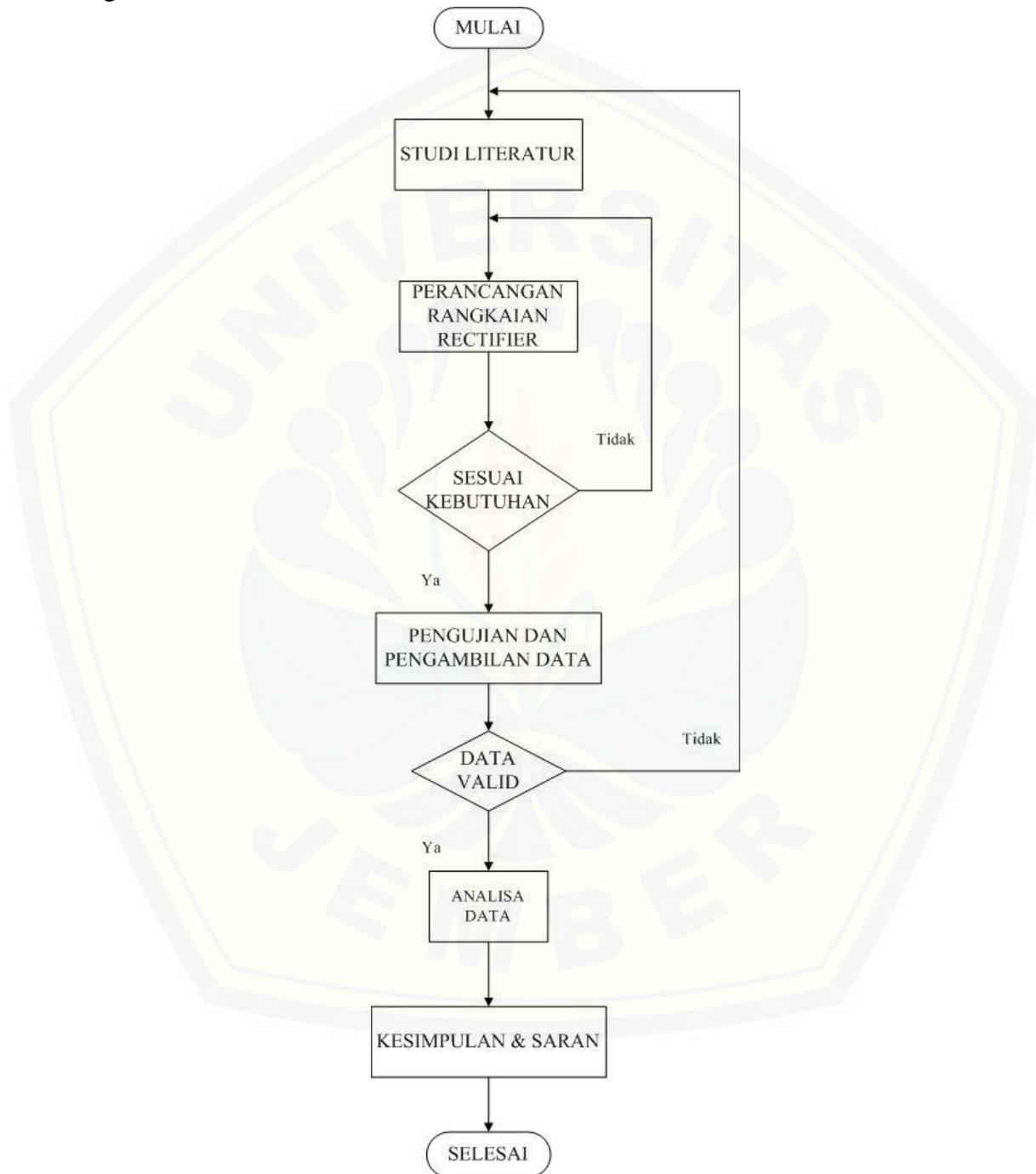
Waktu penelitian ini dilakukan selama 3 bulan. Penelitian dilakukan sejak bulan Agustus 2019 hingga November 2019.

3.2 Alat dan Bahan

- a. AVO Meter
- b. Osiloskop
- c. Tachometer
- d. *Power Supply*
- e. PCB polos
- f. Diode tipe 1N4002
- g. Baterai *Lithium-ion*
- h. Kabel Pelangi
- i. Dimmer AC

3.3 Tahap Penelitian

Adapun tahap-tahap dalam penelitian dan penyusunan laporan ini secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini untuk mencari literatur dari hasil penelitian yang sudah ada pada buku maupun jurnal penunjang untuk mengetahui tahap pengujian proses pengujian, pengambilan data, prinsip kerja secara teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Perancangan alat

Tahap ini merupakan tahap merancang alat yang akan digunakan pada pengujian. Diharapkan dari perancangan alat yang nantinya akan digunakan dalam proses pengujian akan dapat membantu proses penelitian. Hal-hal yang dilakukan yakni seperti perancangan, pembuatan serta kalibrasi terhadap alat yang akan digunakan.

3. Pengujian dan pengambilan data

Pada tahap pengujian dan pengambilan data diperlukan waktu yang lumayan lama. Pada proses pengujian melakukan beberapa macam variabel pengujian yang akan guna mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian.

4. Analisa data

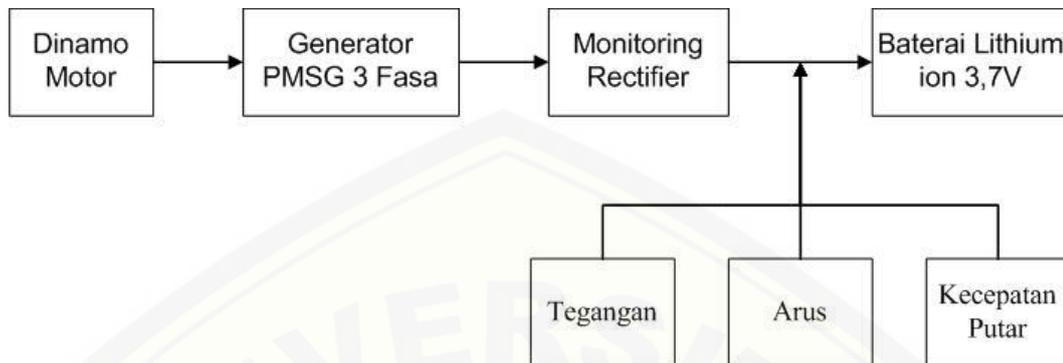
Setelah melakukan pengujian dan didapatkan data yang diperlukan, maka data yang diperoleh selanjutnya dianalisa untuk mengetahui kinerja dari proses pengujian tersebut.

5. Penyusunan laporan

Pada tahap ini proses pengujian, pengambilan data dan analisa data dimasukkan pada pembahasan. Dari pembahasan yang telah dibuat dapat ditarik beberapa kesimpulan dari karakteristik pengujian yang telah dilakukan. Serta memberikan saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan penelitian serta penyempurnaan pengujian yang akan mendatang.

3.4 Perancangan Sistem

3.4.1 Perancangan Sistem



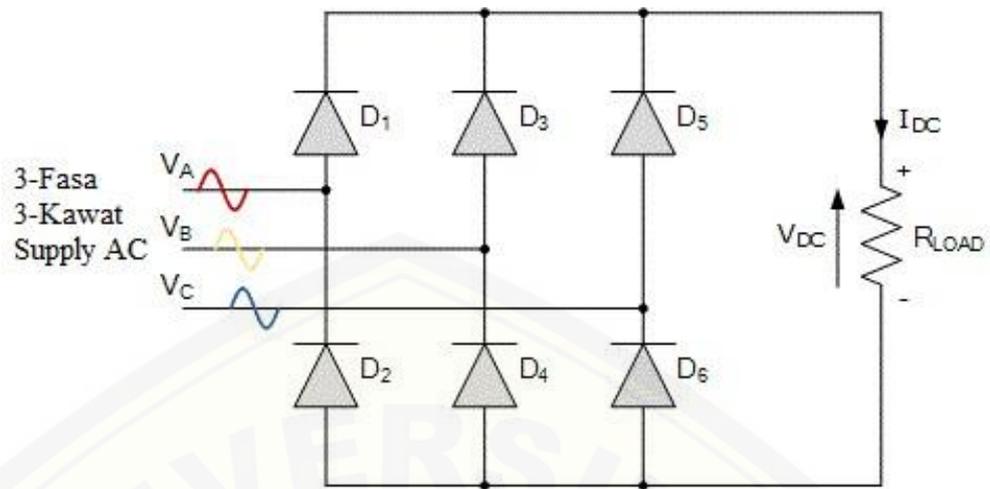
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.2 menunjukkan diagram blok sistem kerja dari generator PMSG tiga fasa. Sumber yang digunakan pada generator PMSG ini menggunakan sumber dari motor listrik merk national. Pada generator PMSG ini menggunakan magnet permanen jenis neodymium (NdeFeB) berjumlah 8 buah pada rotornya dengan 12 kumparan pada statornya. Generator ini bertipe *radial* dengan diameter rotor lebih kecil dibandingkan dengan diameter stator dalam (*in runner*). Generator ini generator tiga fasa yang diuji menggunakan variasi beban (baterai *Lithium-ion*). Keluaran tegangan tiga fasa dari generator akan disearahkan terlebih dahulu menggunakan *rectifier* baru disambungkan dengan beban. *Rectifier* ini dibuat dari rangkaian diode 6A. Pengujian pada generator ini yaitu untuk memperoleh karakteristik tegangan, kecepatan, dan arus dengan menggunakan alat monitoring, avometer dan tachometer.

3.5 Rectifier Permanen Magnet

3.5.1 Pengisian pada Baterai *Lithium-ion*

Pengisian pada baterai yang sumbernya langsung dari generator sinkron permanen magnet dan akan di ubah arusnya menjadi searah menggunakan rangkaian penyearah. Kemudian akan dilakukan tahap pengisian pada batterai dengan tipe *Lithium Ion*.



Gambar 3.3 Rangkaian Penyearah

Penyearah (*rectifier*) adalah pengubah sebuah tegangan arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus listrik searah (DC). Dalam mengubah tegangan AC menjadi DC ini diperlukan suatu komponen dimana komponen tersebut hanya memperbolehkan arus listrik mengalir hanya dari satu arah. Dan itu bisa diperoleh dari rangkaian *diode* semikonduktor *full bridge*.

Mengansumsi rotasi fasa Merah-Kuning-Biru (V_a - V_b - V_c) dan fasa merah (V_a) dimulai pada 0° . Setiap fasa dihubungkan antara sepasang diode seperti yang ditunjukkan. Satu diode pasangan konduktor daya sisi positif (+) beban, sedangkan diode lainnya daya sisi negative (-) beban.

Diode D1, D3, D2, dan D4 membentuk jaringan penyearah jembatan antara fasa A dan B, demikian pula diode D3, D5, D4, dan D6 antara fasa B dan C sedangkan D5, D1, D6, dan D2 antara fasa C dan A. Kemudian dapat dilihat bahwa untuk penyearah tiga fasa, diode menjalankan pasangan yang cocok memberikan pola konduksi untuk arus beban D 1-2, D 1-6, D 3-6, D 3-4, D 5-4, D 5-2, dan D 1-2.

BAB 5. PENUTUP

Dari hasil penelitian tentang “analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe Radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion*” dapat disimpulkan dan saran penulis yang dapat diberikan untuk penelitian lain di masa yang akan datang adalah sebagai berikut.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang “analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe Radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion*” dapat disimpulkan sebagai berikut ;

1. Kinerja dari *rectifier* yang digunakan cukup memenuhi syarat hampir tidak ada masalah terhadap *rectifier* hanya saja terhadap generatornya yang putarannya sering berubah-ubah.
2. Pada tegangan dan arus keluaran dari *rectifier* tersebut bisa disebut stabil yaitu dengan rata-rata tegangan sebesar 0,11V dan arus sebesar 0,2A dengan baterai berkapasitas 3,7V dapat di isi selama 1 jam 10 menit.
3. Dapat diketahui rangkaian *rectifier* yang digunakan pada proses pengisian baterai *Lithium Ion* 3,7 V dengan *supply* dari Generator sinkron permanen magnet 3 fasa yaitu menggunakan penyearah tiga fasa gelombang penuh dengan enam buah diode.

5.2 Saran

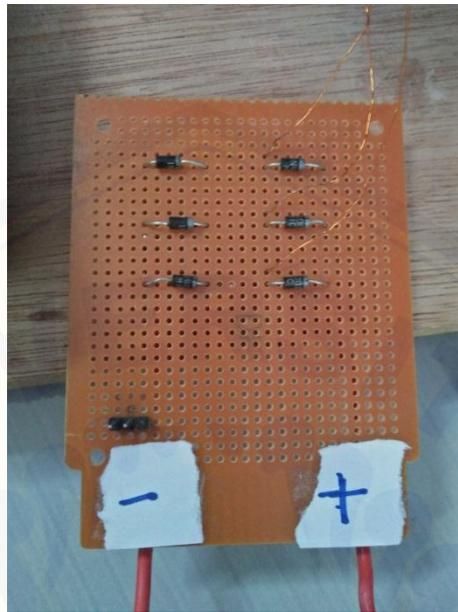
Dari hasil penelitian tentang “analisis *rectifier* terhadap generator sinkron permanen magnet (PMSG) tipe Radial 3 fasa untuk pengisian baterai *lithium-ion*” terdapat saran dari penulis yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya di masa yang akan datang adalah sebagai berikut ;

1. Pada penelitian ini terdapat kekuarangan seperti pada bahan yang digunakan di Generator Sinkron, dan menyebabkan arus pada keluaran generator tersebut kurang terkendali.
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya agar dapat memperbaiki bahan-bahan yang digunakan pada Generator tersebut agar penyesuaian tegangan bisa normal.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan *rectifier* tiga fasa gelombang penuh yang terkendali, karena pada *rectifier* terkendali tersebut ada proses mengubah supply AC tiga fasa menjadi tegangan DC yang berpulsa dan penyearah mengubah power supply input dari tegangan sinusoidal dan frekuensi menjadi daya DC tegangan tetap.

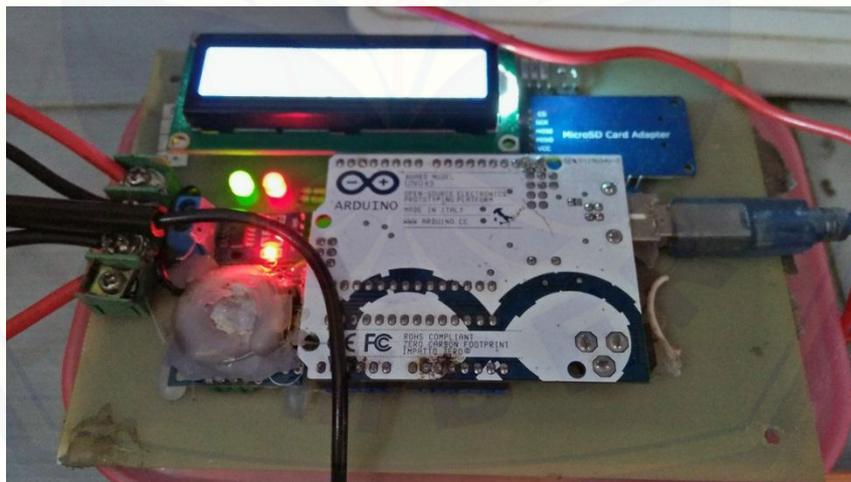
DAFTAR PUSTAKA

- 1) Sidik Nugroho. “*Desain Generator Magnet Permanen rpm Rendah dengan Memanfaatkan Motor Kipas*”. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2016.
- 2) Diaz Ficry Arfianto. Dimas Anton Asfani. Daniar Fahmi. “*Pemantauan, Proteksi, dan Ekualisasi Baterai Lithium-ion Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase Shift*”. Jurnal Teknik ITS. Vol. 5 No. 2. 2016
- 3) Xiaopeng Chen. Weixiang Shen. Thanks Tu VO. Zhenwei Caoi. Ajay Kapoor. “*An Overview of Lithium-ion Batteries for Eleectric Vehicles*”. International Power & Energy Conference. December 2012.
- 4) Rizky, H. “*Desain Generator Permanen Magnet 500 Watt sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin*”, Skripsi, UNILA. 2018.
- 5) Dida, H.P., Suparman, S. dan Widhianuriyawan, D., “*Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat*”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, hh 95-101. 2016.
- 6) Indriani, A. “*Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial*”, *ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2. 2015.

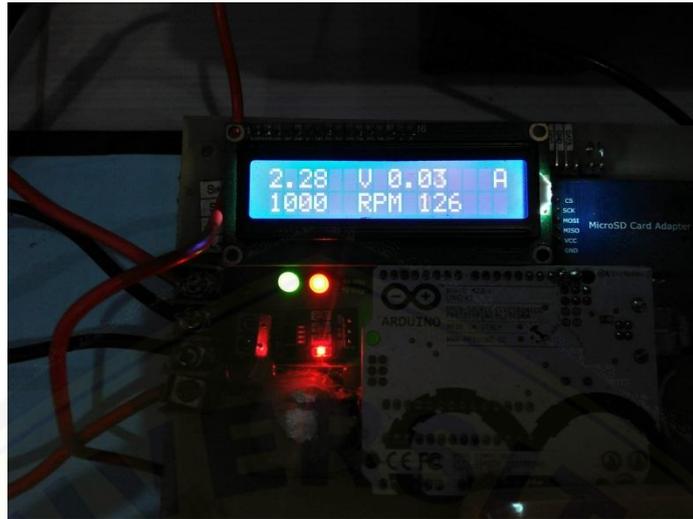
LAMPIRAN



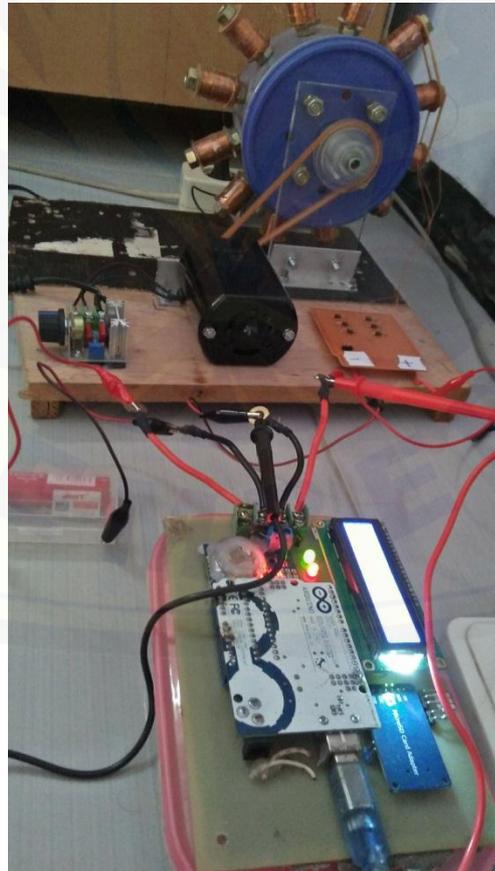
Gambar 1 Rangkaian *Rectifier*



Gambar 2 Monitoring Tegangan dan Arus



Gambar 3 Monitoring Tegangan dan Arus



Gambar 4 Pengujian pada saat Pengisian Baterai