



**RANCANG BANGUN GENERATOR PERMANEN MAGNET  
1 FASA DENGAN DAYA 50 WATT  
TIPE FLUKS AKSIAL DUA ROTOR**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Garindra Abdu Alimil Haqq**

**NIM 151910201065**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**



**RANCANG BANGUN GENERATOR PERMANEN MAGNET  
1 FASA DENGAN DAYA 50 WATT TIPE FLUKS AKSIAL DUA  
ROTOR**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Garindra Abdu Alimil Haqq**

**NIM 151910201065**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT limpahan kasih dan karunia-Mu telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Sholawat dan salam selalu dipanjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan tulus ikhlas dan penuh kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Rizal Nugroho S.H., M.Hum dan Ibunda Tri Rahayu W, kakak Yusuk Perwira W.N, kakak Garda Birawa Wara .N dan adik gayatri sopia putri .N atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabarannya serta do'a yang selalu menyertai.
4. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT., selaku dosen penguji utama dan Bapak Andi Setiawan, ST., MT., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
6. Keluarga Besar PSHT komisariat jember dan saudara sekalian. Beserta Keluarga Besar DISTORSI 2015 dan yang selalu membantu, memberikan semangat dan selalu mendampingi dalam proses pengerjaan skripsi saya.
7. Tim skripsi Laboratorium *Renewable Energy* : Bayu Sofan S.T., Ade Widya Yuwono, danang yuka, febian triamoko dan galih setiawan yang telah menemani dan membantu penelitian skripsi penulis.
8. Serta seluruh pihak yang tidak dalam lembar persembahan ini, kusampaikan terimakasih.

## MOTTO

“Sephiro Gedhening Sengsoro Yen Tinompo Amung Dadi Coba.”

(kata Mutiara PSHT)

“Datan Serik Lamun Ketaman, Datan Susah Lamun Kelangan”

(kata Mutiara PSHT)

Barang Siapa keluar untuk mencari ilmu

Maka dia berada di jalan Allah

(Thomas Alfa Edison)

“Tetap semangat jangan pantang menyerah, dan doa selalu dipanjatkan”

“Usaha tidak menipu hasil”

(Garindra Abdu Alimil Haqq)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Garindra Abdu Alimi Haqq

NIM : 151910201065

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun Generator Permanen Magnet 1 Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dua Rotor” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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, 7 Februari

2020

Yang menyatakan

Garindra Abdu Alimi

Haqq

NIM.151910201005

## SKRIPSI

### **RANCANG BANGUN GENERATOR PERMANEN MAGNET 1 FASA DENGAN DAYA 50 WATT TIPE FLUKS AKSIAL DUA ROTOR**

Oleh

Garindra Abdu Alimi Haqq

NIM.151910201005

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Generator Permanen Magnet 1 Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dua Rotor” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Jum’at, 7 Februari 2020

Tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas  
Jember

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

NIP. 19700826 199702 1 001

NIP 19631201 199402 1 002

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Widyono Hadi, MT

Andi Setiawan, ST., MT

NIP 19610414 198902 1 001

NIP. 19691010 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

NIP. 19700826 199702 1 001

**RANCANG BANGUN GENERATOR PERMANEN MAGNET  
1 FASA DENGAN DAYA 50 WATT TIPE FLUKS AKSIAL DUA ROTO**

**Garindra Abdu Alimil Haqq**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

**ABSTRAK**

Dalam era perkembangan teknologi yang semakin meningkat pesat, saat ini kebutuhan energi listrik pun semakin bertambah. Selain itu sistem pembangkit listrik sudah mulai beralih dari model yang lama menggunakan bahan bakar fosil yang notabone bila bahan bakar habis tidak bisa di perbaharui, ke model pembangkit listrik *renewable* atau dengan kata lain sistem pembangkit listrik yang sumber bahan bakarnya dapat diperbaharui dan selalu tersedia.

Dalam penelitian yang dilakukan ini Sebagai sumber energi listrik alternatif perlunya pengembangan terhadap generator, dimulai dari mendapatkan listrik dengan kecepatan rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah. Generator permanen magnet tipe fluks aksial (GMPFA) mempunyai manufaktur sederhana dan ringkas karena hanya rotor dan stator yang sejajar satu sama lain dengan pengaturan airgap yang lebih mudah untuk dapat menghasilkan tegangan pada keluaran generator, karena besaran fluks yang melewati kumparan akan semakin besar. GMPFA ini sangat cocok untuk penghasil listrik tenaga angin dikarenakan generator tipe ini memiliki efisiensi yang bagus dalam menghasilkan energi listrik tersebut dan juga dapat mengurangi kebisingan pada generator itu sendiri.

Perancangan Generator permanen magnet 1 Fasa Fluks aksial dengan dual rotor dengan magnet permanen yang digunakan adalah magnet *Neodymium Iron Boron*. Jumlah *slot* dan *pole* untuk desain yang dibuat adalah 12 *slot* dan 24 *pole*



generator menggunakan kumparan berukuran 0,15 mm dan 0,4 mm dimana Setiap kumparan pada masing- masing *slot* terdiri dari 2000 lilitan untuk ukuran 0,15 mm dan untuk ukuraqn 0.4 mm berjumlah 350 lilitan. Pengujian pertama untuk mengukur tahanan lampu bohlam. Variasi beban digunakan pada masing masing kumparan adalah lampu bohlam sebesar 15 watt, 25 watt, 40 watt dan 75 watt dengan penyetelan rpm di kisaran 1000 rpm pada setiap kumparan. Nilai yang dihasilkan pada generator pada kondisi 0,15 mm tanpa beban mulai dari 27,43 sampai 220 volt dengan kondisi lampu semakin besar lampu akan redup dikarekan berpacu pada rpm 1000. Saat kondisi 0,4 mm maka nilai yang didapat tanpa beban adalah 6 volt sampai 60 volt dengan kondisi berbeban lampu yang dihasilkan tidak terang hanya redup bahkan mati saat kondisi 40 watt dikarekan berpacu pada rpm 1000.

Kata Kunci : fluk aksial, generator , dual rotor

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Generator Permanen Magnet 1 Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dua Rotor;** Garindra Abdu Alimil Haqq; 151910201065, 2020; 62 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam era perkembangan teknologi yang semakin meningkat pesat, saat ini kebutuhan energi listrik pun semakin bertambah. Selain itu sistem pembangkit listrik sudah mulai beralih dari model yang lama menggunakan bahan bakar fosil yang notabene bila bahan bakar habis tidak bisa di perbaharui, ke model pembangkit listrik *renewable* atau dengan kata lain sistem pembangkit listrik yang sumber bahan bakarnya dapat diperbaharui dan selalu tersedia.

Dalam penelitian yang dilakukan ini Sebagai sumber energi listrik alternatif perlunya pengembangan terhadap generator, dimulai dari mendapatkan listrik dengan kecepatan rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah. Generator permanen magnet tipe fluks aksial (GMPFA) mempunyai manufaktur sederhana dan ringkas karena hanya rotor dan stator yang sejajar satu sama lain dengan pengaturan airgap yang lebih mudah untuk dapat menghasilkan tegangan pada keluaran generator, karena besaran fluks yang melewati kumparan akan semakin besar. GMPFA ini sangat cocok untuk penghasil listrik tenaga angin dikarenakan generator tipe ini memiliki efisiensi yang bagus dalam menghasilkan energi listrik tersebut dan juga dapat mengurangi kebisingan pada generator itu sendiri.

Perancangan Generator permanen magnet 1 Fasa Fluks aksial dengan dual rotor dengan magnet permanen yang digunakan adalah magnet *Neodymium Iron Boron*. Jumlah *slot* dan *pole* untuk desain yang dibuat adalah 12 *slot* dan 24 *pole* generator menggunakan kumparan berukuran 0,15 mm dan 0,4 mm dimana Setiap kumparan pada masing- masing *slot* terdiri dari 2000 lilitan untuk ukuran 0,15 mm dan untuk ukuraqn 0.4 mm berjumlah 350 lilitan. Pengujian pertama untuk mengukur tahanan

lampu bohlam. Variasi beban digunakan pada masing masing kumparan adalah lampu bohlam sebesar 15 watt, 25 watt, 40 watt dan 75 watt dengan penyetelan rpm di kisaran 1000 rpm pada setiap kumparan. Kemudian pengujian tegangan generator tanpa beban lampu. Kemudian pengujian generator menggunakan *prime mover* dengan kecepatan 100 rpm, 250 rpm, 500 rpm, 750 rpm, 1000 rpm. Nilai tegangan yang dihasilkan berturut turut untuk ukuran 0,15 mm adalah kisaran 27,43 volt sampai 220 volt kondisi rpm 1000 dengan kondisi saat berbeban maka nilai tungan yang didapat adalah 116.4 volt dan arus 0,08 A saat beban 15 watt, 61,16 volt dan arus 0,08 A saat beban 25 watt dan saat kondisi beban 40 watt adalah 32,08 volt dan arus 0,08 A. Ukuran kawat 0,4 mm didapatkan nilai tegangan dikisaran 6 volt sampai 60 volt saat kondisi tanpa beban. Kondisi berbeban nilai yang didapat adalah rata rata berada di tegangan 60 volt dan arus yang dihasilkan adalah saat kondisi 15 watt 0,03A; saat kondisi 25 watt 0,04 A; saat kondisi 40 watt 0,06 A. nilai frekuensi yang dihasilkan adalah rata rata 100 hz dikarenakan nilai rpm adalah 1000 dan saat kondisi 50 hz didapatkan saat rpm 500.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan ridhonya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Generator Permanen Magnet

1 Fasa Dengan Daya 50 Watt Tipe Fluks Aksial Dua Rotor”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Bambang Srikaloko, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT., selaku dosen penguji utama dan Andi Setiawan, ST., M.T selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
5. Teman-Teman Teknik Elektro 2015 yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam perkuliahan serta tugas akhir kepada saya.
6. Saudara-saudara keluarga besar PSHT Kom. Universitas Jember dan saudara yang lain yang telah membantu memberi semangat.
7. Keluarga besar Laboratorium *Renewable Energy* yang telah memfasilitasi dan membantu dari segi moril dan materi sehingga terselesaikan skripsi ini.
8. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu Teknik Elektro. Kritik dan saran yang

mambangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 7 Februari 2020

Penulis



**DAFTAR ISI**

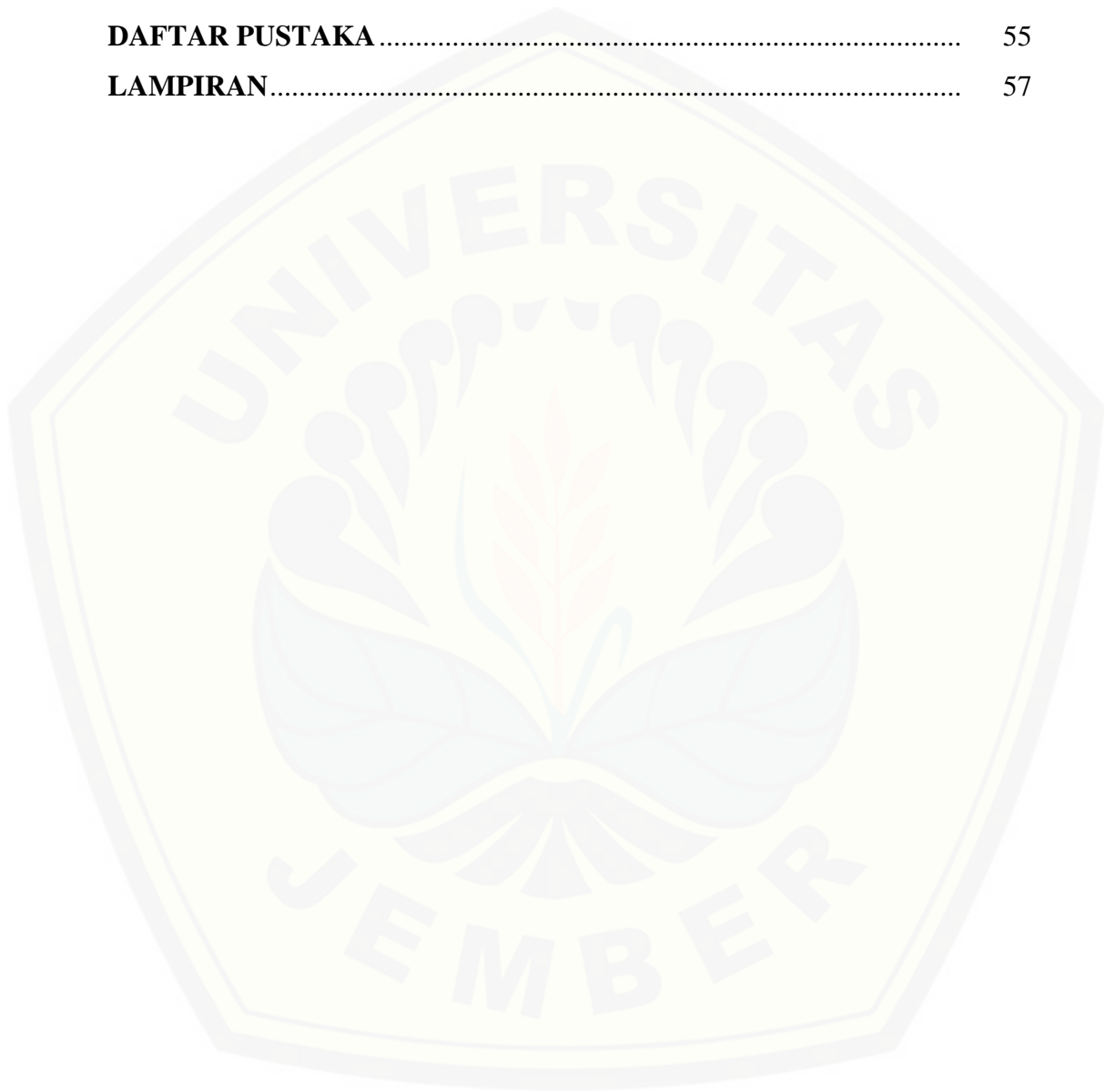
	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2. PENDAHULUAN</b> .....	5
2.1 Generator.....	5
2.2 Prinsip Kerja Generator.....	5
2.3 Konstruksi Generator .....	9
2.4 Stator .....	9
2.5 Rotor .....	10
2.6 Magnet Permanen .....	11
2.7 Generator Permanen Magnet Tipe Fluk Aksial.....	13

2.8	Tipe-Tipe Generator Fluks Aksial.....	13
2.8.1	Rotor Dan Stator Tunggal (Cakram Tuggal).....	14
2.8.2	Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.....	14
2.8.3	Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.....	15
2.8.4	Rotor Dan Stator Banyak .....	16
2.9	Kawat Penghantar .....	16
2.10	Analisis Perhitungan Generator .....	17
2.10.1	Menentukan diameter rotor (lebar piringan) .....	18
2.10.2	Menentukan Kekuatan Magnet Pada Rotor .....	18
2.10.3	Menentukan Daya Keluaran .....	20
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	
3.1	Jenis Penelitian .....	22
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2.1	Tempat Penelitian.....	22
3.2.2	Waktu Penelitian .....	22
3.3	Alat dan Bahan .....	23
3.4	Diagram Alur Penelitian.....	24
3.5	Blok Diagram dan Perancangan Sistem .....	26
3.6	Rancangan Generator Permanen Berdisain Fluk Aksial Rotor Ganda .....	27
3.7	Target Generator .....	29
3.8	Pengujian Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) .....	29
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	31
4.1	Perancangan Generator Permanen Magnet 1 Fasa Tipe Fluks Aksial.....	31
4.2	Pengujian dan Analisis Karakteristik Keluaran Generator Permanen Magnet 1 Fasa Fluk Aksial .....	33
4.2.1	Pengujian Nilai Tahan yang Dihasilkan Oleh Lampu Bohlam .....	33

4.2.2	Pengujian Keluaran Tegangan Generator Tanpa Beban dengan kabel email 0.15 milimeter .....	34
4.2.3	Pengujian Keluaran Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh Generator dengan kabel email 0.15 milimeter .....	35
4.2.4	Pengujian Keluaran Tegangan Generator Tanpa Beban dengan kabel email 0.4 milimeter .....	36
4.2.5	Pengujian Keluaran Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh Generator dengan kabel email 0.4 milimeter .....	38
4.3	Hasil Perhitungan Dengan Perbandingan Hasil Ukur .....	39
4.4	Hasil Pengujian Keluaran Bentuk Gelombang AC Generator Permanen Magnet 1 Fasa Tipe Fluk Aksial .....	41
4.4.1	hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluks aksial tanpa beban dengan kabel email 0.15 milimeter .....	42
4.4.2	Hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluk aksial berbeban dengan kabel email 0.15 milimeter .....	44
4.4.3	Hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluks aksial tanpa beban dengan kabel email 0.4 milimeter .....	45
4.4.4	Hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluk aksial dengan beban dengan kabel email 0.4 milimeter .....	47
4.4.5	Hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluk aksial dengan beban dengan kabel email 0.4 milimeter dengan frekuensi tetap 50 hz .....	48
4.4.6	Hasil Pengujian keluaran bentuk gelombang AC Generator Permanent Magnet 1 Fasa tipe Fluk aksial dengan beban dengan kabel email 0.15 milimeter dengan frekuensi tetap 50 hz ....	50
4.4.7	Analisis dari hasil penelitian menggunakan kabel ukuran 0.15 mm dan ukuran 0.4 mm.....	51



<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	55
<b>LAMPIRAN</b> .....	57



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	22
Tabel 3.2 Parameter Dasar Generator Yang Akan Di Desain.....	26
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Generator .....	32
Tabel 4.2 Data Dimensi Generator .....	32
Tabel 4.3 Pengujian Tahanan Bohlam . .....	33
Tabel 4.4 Pengujian Generator Tanpa Beban Dengan Kabel Email 0,15 Mm .....	34
Tabel 4.5 Nilai Yang Dihasilkan Oleh Generator Dengan Beban .....	36
Tabel 4.6 Pengujian Generator Tanpa Beban Dengan Kabel Email 0,4 Mm .....	37
Tabel 4.7 Nilai Yang Dihasilkan Oleh Generator Dengan .....	38
Tabel 4.8 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban.....	42
Tabel 4.9 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Dengan Menggunakan Beban .....	44
Tabel 4.10 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban .....	45
Tabel 4.11 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Dengan Menggunakan Beban.....	47
Tabel 4.12 grafik hasil keluaran pada kawat email ukuran 0.4 mm dengan menggunakan beban kondisi 50 hz .....	48
Tabel 4.13 grafik hasil keluaran pada kawat email ukuran 0.15 mm dengan menggunakan beban kondisi 50 hz .....	50

**DAFTAR GAMBAR**

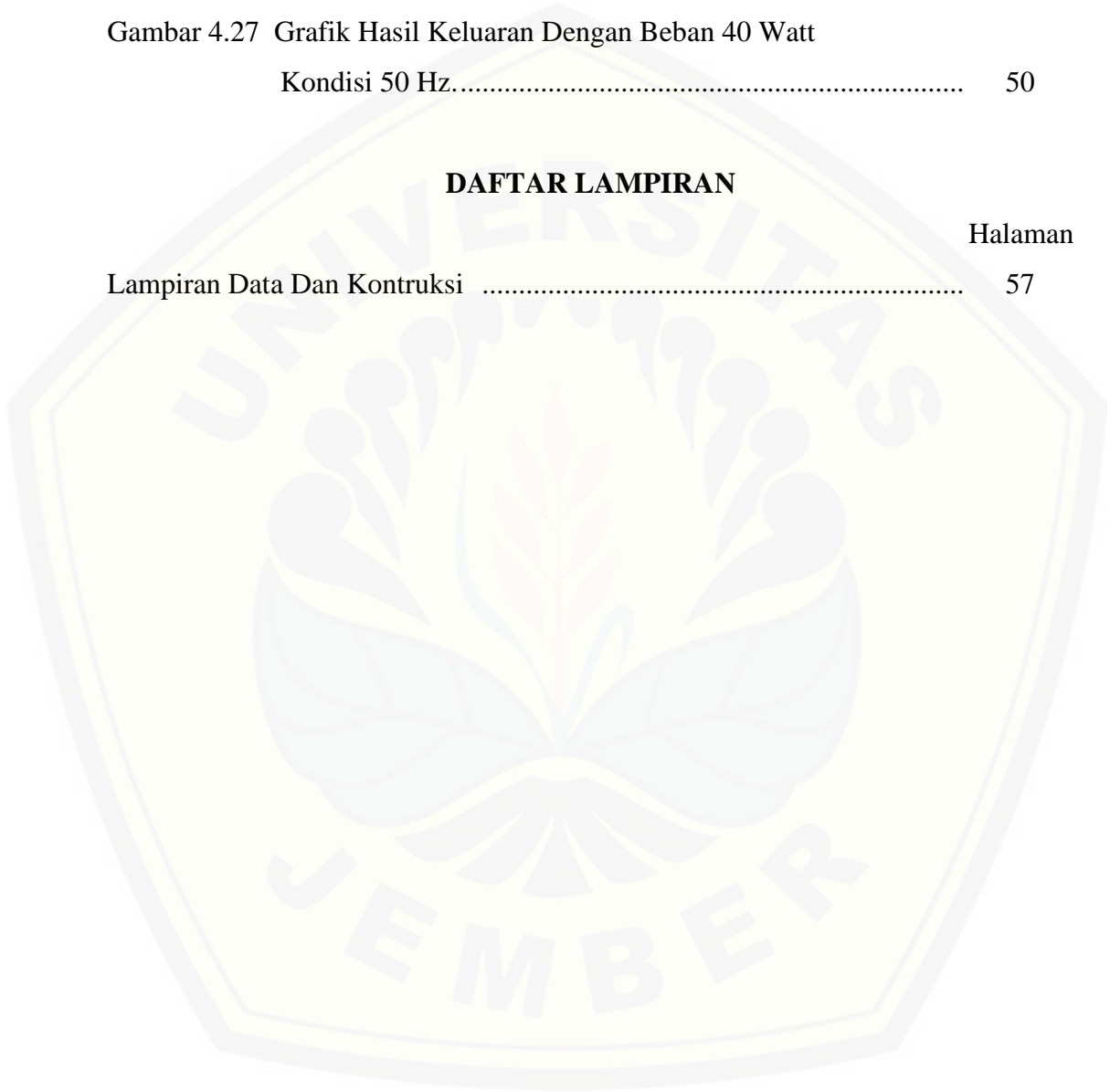
	Halaman
Gambar 2.1 Aliran Fluks Magnet Pada Desain Generator .....	6
Gambar 2.2 Arah Arus Induksi Berdasarkan Hukum Lenz (A) Magnet Mendekati Kumbaran, (B) Magnet Menjauhi Kumbaran. ..	7
Gambar 2.3 Kontruksi Generator Permanen Magnet .....	9
Gambar 2.4 Bentuk Stator Fluk Aksial .....	10
Gambar 2.5 Konstruksi Posisi Magnet Permanen Pada Rotor .....	11
Gambar 2.6 Kurva Histerisis Magnetik.....	11
Gambar 2.7 Generator Fluk Aksial .....	13
Gambar 2.8 Rotor Dan Stator Tunggal (Cakram Tuggal).....	14
Gambar 2.9 Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.....	15
Gambar 2.10 Stator Ganda Dan Rotor Tunggal.....	15
Gambar 2.11 Rotor Dan Stator Banyak.....	16
Gambar 2.12 Nilai Kawat Penghantar Email Sesuai Besar Diameternya.	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Diagram Blok .....	25
Gambar 3.3 Bentuk Dari Rancangan 3 Dimensi Dengan 3 Kondisi Tanpak Atas (A), Dan Tampak Depan (B).....	26
Gambar 3.4 Bentuk Disain Dengan 2 Dimensi .....	25
Gambar 4.1 Grafik Resistansi Beban Lampu Yang Digunakan.....	34
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kecepatan Generator Terhadap Tegangan Keluaran Tanpa Beban .....	35
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kecepatan Generator Terhadap Tegangan Keluaran Tanpa Beban Dengan Kawat Email 0.4 Mm. ....	37
Gambar 4.4 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban RPM 100 .....	42
Gambar 4.5 Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban RPM 250 .....	42

Gambar 4.6	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban RPM 500. ....	42
Gambar 4.7	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban RPM 750 .....	43
Gambar 4.8	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.15 Mm Tanpa Beban RPM 1000 .....	43
Gambar 4.9	Grafik Frekuensi Yang Dihasilkan Oleh Putaran RPM. ....	43
Gambar 4.10	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 15 Watt. ....	44
Gambar 4.11	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 25 Watt. ....	44
Gambar 4.12	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 40 Watt. ....	45
Gambar 4.13	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban RPM 100 .....	45
Gambar 4.14	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban RPM 250 .....	45
Gambar 4.15	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban RPM 500 .....	46
Gambar 4.16	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban RPM 750. ....	46
Gambar 4.17	Grafik Hasil Keluaran Pada Kawat Email Ukuran 0.4 Mm Tanpa Beban RPM 1000 .....	46
Gambar 4.18	Grafik Frekuensi Yang Dihasilkan Oleh Putaran RPM Dengan Kawat Email 0,4 Mm .....	47
Gambar 4.19	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 15 Watt. ....	47
Gambar 4.20	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 25 Watt. ....	48
Gambar 4.21	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 40 Watt. ....	48
Gambar 4.22	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 15 Watt Kondisi 50 Hz. ....	48
Gambar 4.23	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 25 Watt Kondisi 50 Hz. ....	49
Gambar 4.24	Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 40 Watt Kondisi 50 Hz. ....	49

Gambar 4.25 Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 15 Watt	
Kondisi 50 Hz.....	50
Gambar 4.26 Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 25 Watt	
Kondisi 50 Hz.....	50
Gambar 4.27 Grafik Hasil Keluaran Dengan Beban 40 Watt	
Kondisi 50 Hz.....	50

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran Data Dan Kontruksi .....	57



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tingginya pertumbuhan pada saat ini perlu adanya keseimbangan dengan pengembangan dalam menghasilkan listrik demi memenuhi kebutuhan yang besar, hal ini akan berdampak terhadap lingkungan. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik menimbulkan berbagai jenis bahan pencemar atau polutan, bukan hanya pencemaran namun juga ketersediaan energi fosil tersebut yang semakin menipis. Dalam penggunaannya banyak penghasil energi listrik di Indonesia yang masih menggunakan bahan bakar fosil, dimana bahan bakar fosil ini digunakan untuk memanaskan air yang ada pada boiler, kemudian uap yang dihasilkan disalurkan kedalam baling-baling turbin untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

Penggantian energi fosil ke energi terbarukan perlu dilakukan karena untuk mengurangi kerusakan alam yang serius. Energi terbarukan banyak macamnya mulai dari energi air laut, panas bumi, perubahan konversi suhu ke listrik, air dan angin. Indonesia memiliki potensi yang baik pada energi angin untuk menghasilkan energi listrik karena memiliki kecepatan yang tidak begitu besar (membahayakan), namun ini tidak diimbangi oleh tingginya efisiensi yang bagus pada generator untuk menghasilkan listrik tersebut. Sebagai sumber energi listrik alternatif perlunya pengembangan terhadap generator, dimulai dari mendapatkan listrik dengan kecepatan rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah.

Terdapat banyak sekali jenis generator, salah satunya dilihat dari arah fluks yaitu axial dan radial. Generator yang dapat berputar pada kecepatan rendah untuk menghasilkan listrik menggunakan magnet permanen sebagai konstruksinya. Dari banyak jenis generator yang menggunakan magnet permanen, salah-satu jenis yang populer saat ini adalah generator sinkron permanen magnet (PMSG). PMSG banyak dimanfaatkan pada pembangkit tenaga listrik terutama pada pembangkit listrik energi terbarukan. PMSG 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.

Generator permanen magnet tipe fluks aksial (GMPFA) mempunyai manufaktur sederhana dan ringkas karena hanya rotor dan stator yang sejajar satu sama lain dengan pengaturan airgap yang lebih mudah untuk dapat menghasilkan tegangan pada keluaran generator, karena besaran fluks yang melewati kumparan akan semakin besar. GMPFA ini sangat cocok untuk penghasil listrik tenaga angin dikarenakan generator tipe ini memiliki efisiensi yang bagus dalam menghasilkan energi listrik tersebut dan juga dapat mengurangi kebisingan pada generator itu sendiri. Perancangan generator menggunakan magnet permanen *Neodymium Iron Boron* karena memiliki kualitas magnet terbaik diantara magnet permanen lainnya.

Penelitian yang sebelumnya banyak yang menggunakan perancangan generator permanent magnet jenis fluks aksial ini memiliki tiga keluaran yaitu keluaran R,S,T dengan menggunakan rotor yang sama yaitu dua buah, sehingga pada penelitian yang akan diangkat pada skripsi kali ini yaitu perancangan generator permanen magnet jenis fluks aksial dengan dua rotor dengan keluaran tegangan hanya satu fasa. Penggunaan satu fasa ini untuk mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan oleh generator permanen magnet jenis fluks aksial yang dapat dikeluarkan dengan jumlah kumparan yang sama seperti pada beberapa jurnal yang ada. Dalam perancangan generator yang akan dibuat ini juga ingin mengetahuiin berapa besar tegangan, arus dan daya yang di hasilkan oleh generator pada kondisi tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan generator permanen magnet dengan pasangan slot 12 dan pole 24 tipe fluks aksial berotor ganda menggunakan magnet permanen *Neodymium Iron Boron* ?
2. Bagaimana hasil keluaran tegangan, arus, dan daya dengan variasi beban ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan – Batasan masalah yang akan di terapkan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Generator menggunakan 2 rotor dan 1 stator.
2. Generator berjumlah 12 slot 24 pole.
3. Generator menggunakan ukuran kawat email 0.15 mm dan 0.4 mm
4. Beban yang akan digunakan adalah lampu bohlam dengan daya 15 watt, 25 watt, dan 40 watt.
5. Material magnet permanen yang digunakan adalah magnet *Neodymium Iron Boron* ukuran 30mm x10mm x5mm.
6. Peletakan kutub magnet secara berseling antara kutub utara dan selatan (N-S) dengan rotor satu dan dua.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam melakukan penelitian pada proposal skripsi yang penulis inginkan sebagai berikut :

1. Merancang generator permanen magnet 1 fasa berdisain fluk aksial.
2. Dapat mengetahui berapa arus dan tegangan yang di hasilkan oleh generator dengan rotor ganda.
3. Menganalisis pengaruh kecepatan terhadap keluaran tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh generator permanen magnet 1 fasa berdisain fluk aksial.
4. Menganalisis keluaran tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan untuk beban yang bervariasi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dalam penelitian pada proposal skripsi yang penulis inginkan adalah sebagai berikut :

1. Dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari pengganti sumber utama (PLN).
2. Dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang banyak digunakan pada penyediaan energi listrik.
3. Dapat mengetahui berapa daya yang dihasilkan oleh generator rotor ganda 1 fasa berdisain fluk aksial.



4. Dapat menjadi awal dalam reverensi penelitian tentang generator rotor ganda 1 fasa dengan disain fluk aksial.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Generator

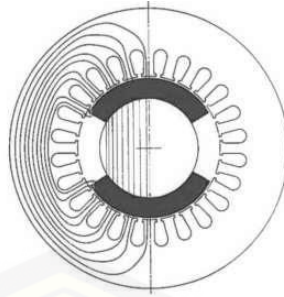
Generator listrik merupakan mesin berputar yang dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Generator terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). (F. Danang Wijaya, dkk. 2014)

Dalam pembangkit listrik pasti membutuhkan generator yang berguna dalam menghasilkan listrik. Generator adalah alat yang berguna dalam menghasilkan energi listrik dimana mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (arus dan tegangan) dengan memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik. Generator digerakkan dengan berbagai cara mulai dari dengan air, angin, atau uap.

Semakin tingginya kebutuhan energi listrik generator yang digerakkan dengan energi angin sangat cocok karena tidak akan pernah habisnya energi tersebut. Perbedaan dari generator biasa adalah sistem penguatan yang digunakan menggunakan magnet permanen bukan menggunakan kumparan. Magnet permanen yang diletakkan pada rotor yang berputar dengan stator yang diam untuk menghasilkan GGL induksi sehingga menghasilkan listrik tanpa penggunaan catu daya DC sehingga tidak ada rugi-rugi eksitasi.

### 2.2 Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja generator sinkron dengan generator sinkron magnet permanen sesungguhnya tidak jauh berbeda pada umumnya. Penggunaan magnet permanen menghasilkan medan magnet tetap sehingga tidak memerlukan pencatutan arus searah untuk menghasilkan medan magnet dan magnet induksi. Fluks dihasilkan dari medan magnet yang menembus bidang stator dari kutub magnet. Tipe fluks terdiri dari fluks radial dan fluks aksial. Generator ini memiliki konstruksi umum yang sama seperti generator lainnya yaitu terdiri dari memiliki lilitan stator sebagai tempat terjadinya induksi elektromagnetik, rotor tempat meletakkan magnet permanen sebagai sumber medan magnet, dan celah udara sebagai tempat mengalirnya fluks udara dari rotor ke stator.



Gambar 2.1 Aliran fluks magnet pada desain generator

(Sumber: Hendershot dkk, 1994)

Prinsip kerja sebuah generator umumnya berdasarkan hukum Faraday adalah bahwa perubahan fluks magnetik akibat terhadap waktu ( $d\Phi/dt$ ) diakibatkan putaran rotor yang akan menyebabkan fluks magnet yang diterima oleh kumparan stator akan menyebabkan timbulnya beda potensial antara ujung kumparan. Berdasarkan dengan hukum Induksi Faraday, tegangan akan terinduksi pada kumparan fasa stator sebesar (Budiman A. dkk., 2012):

$$E = -N \frac{d\phi}{dt}$$

$$E = - \frac{d(N\phi)}{dt} = - \frac{d\lambda}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

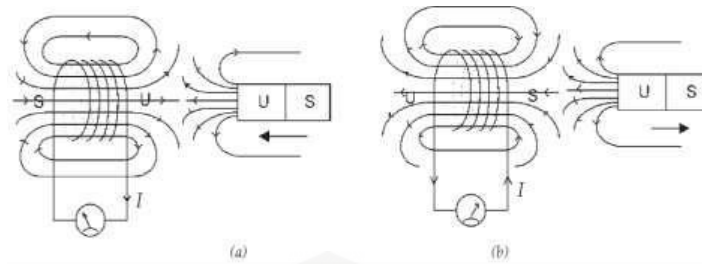
E = Tegangan yang dihasilkan (V)

$d\Phi$  = Perubahan besarnya fluks magnet (Wb)

dt = Perubahan waktu (t)

N = Jumlah lilitan

Tanda (-) merupakan hasil dari hukum Lenz yang menyatakan bahwa arah polaritas dari tegangan/ arus yang terinduksi pada kumparan akan menghasilkan arah fluks yang berlawanan dengan arah fluks yang menginduksikan tegangan tersebut. Sedangkan  $\lambda$  merupakan hasil perkalian dari banyaknya lilitan dengan besar fluks yang ditangkap tiap lilitan untuk suatu saat.



Gambar 2.2 Arah arus induksi berdasarkan hukum Lenz (a) magnet mendekati kumparan, (b) magnet menjauhi kumparan.

(Sumber: Pradipta dkk. 2015)

Kemudian Apabila kedua ujung kumparan itu dihubungkan dengan suatu penghantar yang memiliki hambatan tertentu akan mengalir arus yang disebut arus induksi dan beda potensial yang terjadi disebut GGL induksi. Gaya gerak listrik induksi sangat bergantung pada waktu, yaitu semakin cepat terjadinya perubahan medan magnetik, gaya gerak listrik yang diinduksi semakin besar. Di sisi lain, gaya gerak listrik tidak sebanding dengan laju perubahan medan magnetik (B) dari rotor kemudian memotong bidang lilitan pada stator yang kemudian akan menghasilkan fluks magnet pada stator tersebut dengan persamaan (Edy Sofian, 2011)

$$\Phi = B \cdot A \cos \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$\Phi$  = Fluks medan magnet (Wb)

B = Medan magnet rotor (T)

A = Luas permukaan bidang kumparan stator (m<sup>2</sup>)

Jika permukaan kumparan tegak lurus medan magnet rotor (B) maka sudut antara garis gaya medan magnet sebesar 90<sup>o</sup> sehingga fluks medan magnet ( $\Phi$ ) yang dihasilkan sebesar 0 Wb. Sebaliknya jika medan magnet rotor (B) sejajar terhadap kumparan maka sudut antara garis gaya medan magnet sebesar 0<sup>o</sup> sehingga besar nilai fluks medan magnet ( $\Phi$ ) merupakan hasil perkalian antara medan magnet rotor (B) dan luas permukaan bidang kumparan stator (A).

Hukum Faraday juga digunakan untuk menentukan nilai tegangan induksi pada pergerakan magnet (kuat magnet). Komponen hukum Faraday yaitu arah gaya

gerak kumparan kawat, arah medan magnet, serta arah arus listrik menggunakan Kaidah tangan kanan *fleming*. Dengan rumusnya adalah sebagai berikut

$$e = B.I.v \dots\dots\dots$$

(2.3)

Keterangan:

e = Tegangan

B = Medan Magnet

l = arah arus

v = arah gerakan

Pada generator ketika rotor berputar, medan magnet yang dihasilkan juga berputar dengan kecepatan yang sama. Karena medan magnet putar tersebut diinduksikan pada kumparan jangkar (stator), maka pada stator muncul tegangan dengan frekuensi elektrik yang sama (sinkron). Frekuensi elektris yang dihasilkan generator sinkron adalah sinkron dengan kecepatan putar generator. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada mesin dengan frekuensi elektrik pada stator adalah (Chapman, 2002):

$$f = \frac{nr.p}{120} \dots\dots\dots$$

(2.4)

atau

$$f = \frac{p}{2} \times \frac{nr}{60} \dots\dots\dots$$

(2.5)

Keterangan:

nr = putaran rotor (rpm)

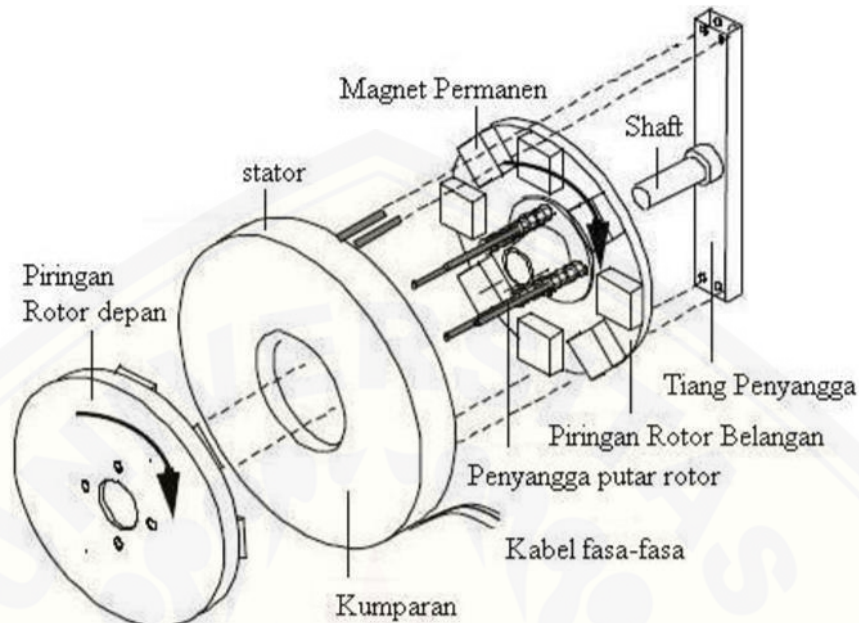
p = jumlah kutub magnet

f = frekuensi (Hz)

### 2.3 Kontruksi Generator

Konstruksi generator sinkron magnet permanen sama dengan generator sinkron pada umumnya yakni terdapat stator dan rotor. Perbedaannya terdapat pada sumber eksitasi dimana generator sinkron magnet permanen menggunakan medan

magnet permanen sebagai sumber eksitasi medan magnet yang menuju stator sehingga tidak ada rugi-rugi eksitasi.



Gambar 2.3 Kontruksi Generator permanen magnet

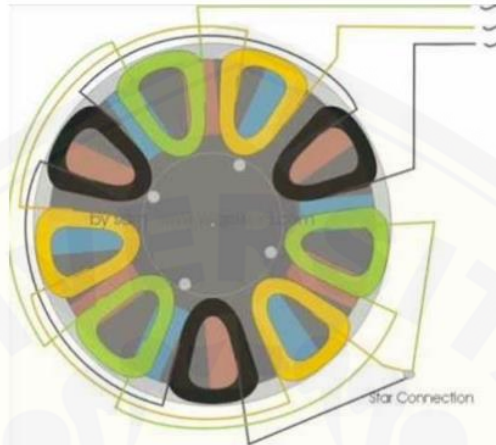
Sumber : Hari Prasetijo 2012

## 2.4 Stator

Stator merupakan bagian generator yang diam dan berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi fluks magnet dari magnet permanen yang melekat pada rotor. Stator juga sebagai tempat untuk menghasilkan arus listrik yang menuju ke beban. Stator berbentuk sebuah rangka silinder yang memiliki lilitan kawat konduktor yang banyak. Pada stator terdapat beberapa bagian, yaitu :

- a. Rangka Stator Rangka stator merupakan rangka luar dan berfungsi untuk menyokong struktur stator dan mempunyai kaki-kaki yang dipasang pada bagian fondasi. Rangka stator ini dibuat kokoh untuk mengatasi perubahan beban secara tiba-tiba atau hubung singkat.
- b. Inti Stator Inti stator terbuat dari segmen-segmen dimana tiap segmen tersebut terdiri dari laminasi lembaran plat baja silikon yang memiliki sifat kemagnetan sangat baik. Inti stator dibuat berlaminasi untuk mengurangi rugi arus eddy dan juga rugi histerisis.

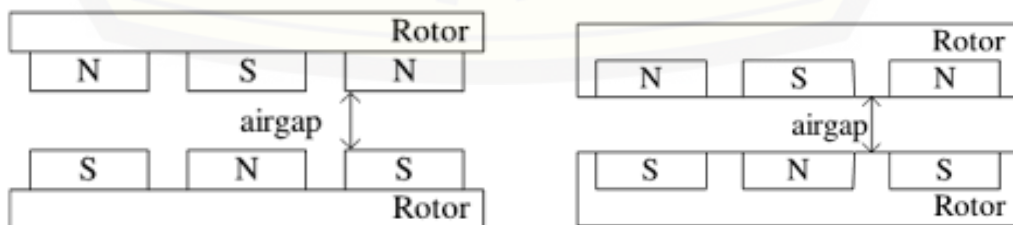
- c. Slot merupakan tempat untuk meletakkan kumparan stator yang dibentuk dengan sistem berbuku-buku. d. Kumparan stator Kumparan stator merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi pada generator dan didesain untuk menghasilkan kutub-kutub elektromagnetik stator yang sinkron dengan kutub magnet rotor.



Gambar 2.4 Bentuk stator fluk aksial  
Sumber : Achmad Maulana Soehada S.,dkk , 2017

## 2.5 Rotor

Rotor merupakan bagian *disk* atau piringan yang dapat ikut berputar, karena anatar ass atau poros terhubung langsung dengan piringan tersebut. Pada rotor terdapat permanen magnet yang berfungsi untuk menginduksi kumparan pada stator. Generator jenis fluk aksial juga memiliki cara untuk meletakkan magnet permanen sebagai penghasil fluks magnet yang menuju stator. Ada beberapa cara untuk meletakkan magnet permanen pada rotor, yaitu dengan cara meletakkan magnet permanen pada permukaan rotor (*Surface Mounted Permanent Magnet*) atau dengan meletakkan magnet permanen didalam inti rotor (*embedded Permanent Magnet*).



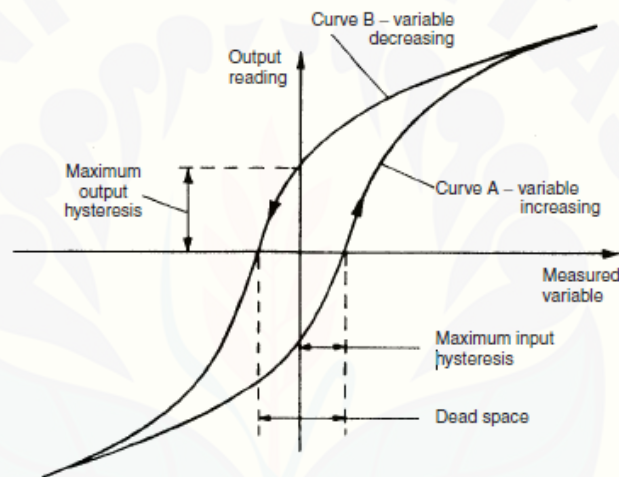
A. *Surface Mounted Permanent Magnet*      B. *Embedded Permanent Magnet*

Gambar 2.5 Konstruksi Posisi Magnet Permanen Pada Rotor

Sumber : Puji Setia, 2017

## 2.6 Magnet Permanen

Magnet permanen merupakan material yang memiliki banyak manfaat terutama dalam bidang konversi energi, yaitu digunakan untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik maupun sebaliknya. Pengembangan material magnet permanen menjadi perhatian penting para peneliti dan akademisi untuk menghasilkan magnet dengan kualitas terbaik dan efisiensi yang tinggi dalam aplikasinya. Sebagai penghasil medan magnet utama, medan magnet pada rotor merupakan medan magnet permanent yang kuat. Magnet permanen tidak memiliki kumparan penguat dan tidak menghasilkan disipasi daya elektrik (hilangnya daya elektrik).



Gambar 2.6 Kurva histerisis magnetik

Sumber : M.Faiz Rambey, 2017

Magnet permanen merupakan material feromagnetik yang memiliki hysteresis loop yang lebar. Hysteresis loop yang lebar menunjukkan sedikitnya pengaruh induksi dari luar terhadap magnet tersebut. Bahan awal magnet yang diproduksi adalah baja. Magnet yang terbuat dari baja mudah dimagnetisasi, tetapi bahan tersebut dapat menyimpan energi yang rendah sehingga mudah didemagnetisasi sehingga dikembangkan material lain agar mampu menyimpan energi yang lebih besar untuk menghasilkan peralatan yang lebih baik. Terdapat tiga jenis pembagian magnet permanen yang digunakan untuk mesin elektrik, diantaranya yaitu:

- a. Magnet Alnico Magnet jenis ini memiliki kerapatan fluks yang tinggi dengan gaya koersif yang rendah. Ketika koersifitasnya rendah dan dua kutub magnet saling



berlawanan berada pada jarak dekat, maka kutub-kutub tersebut dapat saling melemahkan.

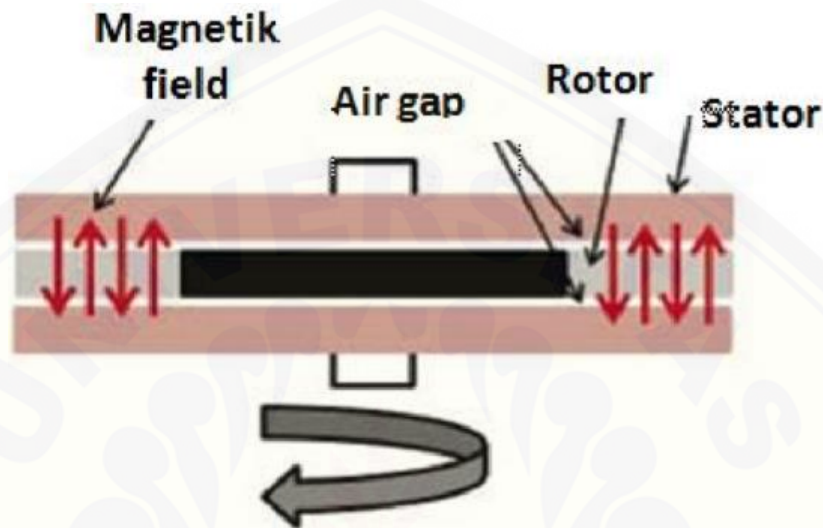
- b. Magnet Ceramic atau Magnet Keramik Tidak seperti magnet Alnico, magnet Ceramic memiliki kerapatan fluks yang rendah namun memiliki gaya koersif yang tinggi. Magnet Ceramic banyak digunakan karena memiliki biaya produksi yang rendah.
- c. Magnet Rare-Earth Terdapat dua tipe dari magnet langka yang masih ada di bumi yaitu magnet SmCo (Samarium-Cobalt) dan magnet NdFeB (Neodymium-Iron-Boron). Penggunaan magnet NdFeB magnet dapat memberikan power density yang tinggi dalam volume material yang kecil sehingga mampu menghasilkan mesin berkualitas terbaik dengan sedikit rugi-rugi daya dengan material yang lebih ringan. Berdasarkan pada kurva karakteristik dibawah, magnet permanen jenis Neodymium Iron Boron menjadi bahan yang paling baik dari bahan-bahan magnet permanen lainnya. Neodymium Iron Boron mempunyai nilai fluks permanen yang paling besar dibandingkan bahan feromagnetik yang lain.

Generator dengan magnet permanen memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan generator dengan sistem eksitasi sumber DC, karena tidak ada rugi-rugi eksitasi yang dihasilkan sehingga banyak digunakan terutama untuk turbin angin. Bentuknya yang lebih sederhana membuat generator magnet permanen menjadi lebih rapi, ringan, dan tersusun padat. Akan tetapi, generator magnet permanen tidak dapat diatur seberapa besar eksitasi yang diberikan kepada generator, karena fluks magnetik yang dihasilkan magnet ini tetap sehingga arus eksitasi yang dihasilkan pun tidak dapat diubah sesuai kebutuhan. Dengan menggunakan magnet permanen sebagai penghasil medan magnet utama, generator ini tidak membutuhkan lagi adanya pencatuan arus DC sehingga biaya dan tenaga untuk merawat serta mengganti komponen-komponen pencatuan tersebut dapat dihilangkan.

## 2.7 Generator permanen magnet *Fluks Aksial*

Generator *Fluks Aksial* merupakan generator permanen magnet yang memiliki arah medan fluks sejajar dengan sumbu putar. Fluks tersebut merupakan hasil dari gaya tarik menarik antara dua buah magnet permanen yang memiliki kutub yang berbeda.

Penggunaan dua buah magnet yang terletak diantara dua buah *slot disk* rotor sehingga bahan stator merupakan bahan non-magnetik. Generator fluks axial memiliki sejumlah keunggulan yang berbeda dari *Fluks Radial*, yaitu dirancang untuk memiliki daya tinggi, sehingga rasio bahan inti berkurang, mudah disesuaikan dengan kondisi udara, mengurangi kebisingan dan tingkat getaran.



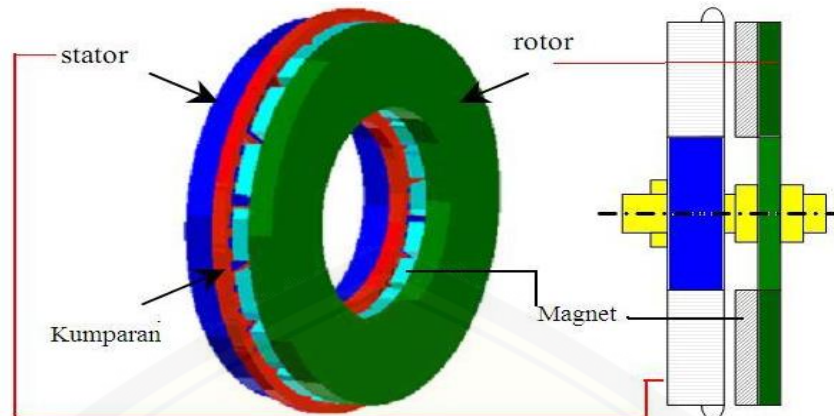
Gambar 2.7 Generator Fluk Aksial  
Sumber : Achmad Maulana Soehada S.,dkk , 2017

## 2.8 Tipe-Tipe Generator Fluks Aksial

Apabila melihat dari jumlah stator dan rotor yang digunakan untuk meningkatkan daya keluaran pada generator, generator fluks aksial dapat dibedakan menjadi beberapa tipe diantaranya : generator fluks aksial rotor tunggal - stator tunggal, generator fluks aksial stator tunggal – rotor ganda (eksternal rotor), generator fluks aksial stator ganda – rotor tunggal ( internal rotor), dan generator fluks aksial rotor dan stator banyak. Seperti penjelasan berikut :

### 2.8.1 Rotor Dan Stator Tunggal (Cakram Tuggal).

Generator dengan rotor dan stator tunggal terdiri dari sebuah stator dan sebuah rotor. Generator ini memiliki 3 jenis yaitu *slotted stator*, *slotless stator* dan *salient pole stator*. Rotornya terdiri dari sebuah piringan besi kuat yang tertanam magnet di dalamnya. Sedangkan statornya terdiri dari kumparan jenis cincin yang tertanam di epoxy seperti material dan lempeng besi.



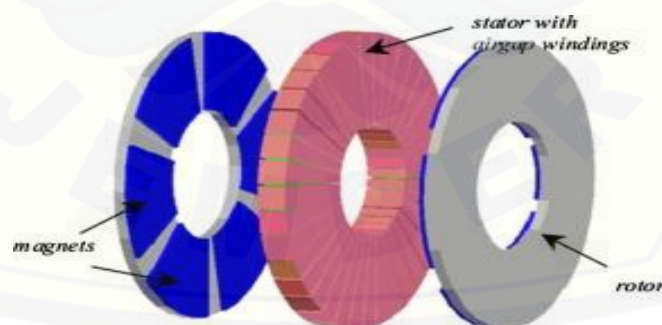
Gambar 2.8 Rotor Dan Stator Tunggal (Cakram Tunggal)

Sumber : “edi sofyan 2011”

Generator ini biasa digunakan pada torsi kecil. Sehingga sangat efektif, bila digunakan pada generator angin dengan kapasitas penggerak yang kecil.

### 2.8.2 Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.

Pada generator dengan tipe yang memiliki 2 rotor dan 1 stator ini memiliki dua tipe yang berbeda berdasarkan arah fluksnya yaitu ada yang tipe N-N dan ada yang tipe N-S. tidak hanya melihat dari pergerakan fluksnya, ini juga dapat melihat perbandingan ukuran diameter stator dari kedua tipe tersebut. Pada diameter tipe N-S lebih besar dari pada tipe N-N, ini disebabkan lilitan tipe N-N lebih pendek. Selain itu tipe ini dibagi lagi dengan bentuk stator, yakni stator berinti dan tidak berinti.

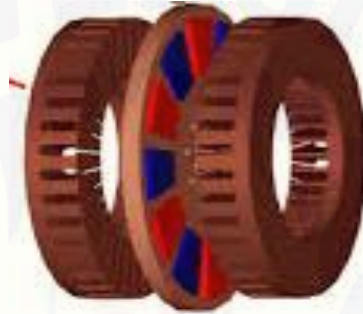


Gambar 2.9 Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.

Sumber : “edi sofyan 2011”

### 2.8.3 Rotor Ganda Dan Stator Tunggal.

pada generator yang memiliki 2 stator dan sebuah rotor atau dikenal sebuah tipe stator eksternal memiliki perbedaan yang jelas dengan koontruksi pada rotor eksternal atau tipe yang memiliki 2 rotor dan sebuah stator. Pada tipe ini pun juga memiliki perbedaan kontruksi rotor dengan rotor eksternal. Tidak ada variasi tipe N-N atau N-S pada rotornya tetapi variasi kontruksi statornya dengan variasi rotor tidak semudah pada tipe rotor eksternal. Namun dengan alas an fluks utama yang tidak melewati rotor. Sehingga tipe ini sangat cocok atau efektif pada mesin dengan momen inersia yang kecil dengan memiliki sedikit besi pada rotor.

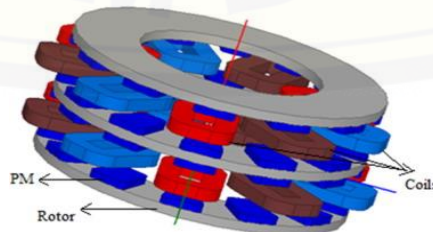


Gambar 2.10 Stator Ganda Dan Rotor Tunggal.

Sumber : “edi sofyan 2011”

### 2.8.4 Rotor Dan Stator Banyak.

Pada generator tipe ini memiliki lebih dari dua stator atau dua rotor. Dengan alas an kebutuhan akan tenaga yang lebih besar (torsi). Generator tipe ini memiliki dimensi jauh lebih besar dan dengan memiliki tranfer panas yang tidak begitu baik dari kedua tipe sebelumnya. Pada sotor generator memiliki tipe N-N dan N-S



Gambar 2.11 Rotor Dan Stator Banyak.

Sumber : “edi sofyan 2011”

## 2.9 Kawat Penghantar

Kawat email adalah kawat yang banyak digunakan oleh kebanyakan orang untuk membuat generator atau pun motor dimana penggunaan kawat ini sebagai penghasil arus dengan ditentukan oleh besaran diameter kawat dan untuk nilai tegangan dihasilkan dengan banyaknya lilitan dalam satu slot. Penggunaan kawat email dalam pembuatan motor atau generator mempunyai beberapa keunggulan, antara lain adalah konduktivitas listrik tinggi, tahan korosi, ekspansi panas tinggi, konduktivitas panas tinggi, bisa disolder, mudah dipasang (Mustofa, 2014). Kawat email terbuat dari tembaga murni yang bagian luarnya dilapisi dengan lumen sebagai isolator dan penahan korosi. Seperti yang sudah dijelaskan bahwa kawat email memiliki kemampuan hantar arus tergantung dengan diameter yang dimiliki oleh kawat tersebut, dibawah ini adalah nilai kawat email mulai dari nilai diameter 0.1 sampai 2.0 mm dan nilai kuat arus tersebut di setiap diameternya yaitu sebagai berikut :

DIAMETER EMAIL (mm)	KEMAMPUAN ARUS (A)
0.1	0.016 - 0.024
0.15	0.035 - 0.053
0.2	0.063 - 0.094
0.25	0.098 - 0.147
0.3	0.141 - 0.212
0.35	0.190 - 0.298
0.4	0.251 - 0.377
0.45	0.318 - 0.477
0.5	0.390 - 0.588
0.6	0.566 - 0.849
0.7	0.770 - 1.160
0.8	1.010 - 1.510
0.9	1.270 - 1.910
1	1.570 - 2.360
1.5	3.530 - 5.300
2	6.280 - 9.420
2.5	9.820 - 14.73
3	14.14 - 21.20
3.5	19.24 - 28.86
4	25.14 - 37.71

Gambar 2.12 Nilai Kawat Penghantar Email Sesuai Besar Diameternya

“Sumber : <http://susantronika.blogspot.com/2011/09/menggulung-transformator-trafo.html>”

## 2.10 Analisis Perhitungan Generator

Pengujian kinerja Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) digunakan untuk mengetahui kemampuan generator itu sendiri. Beberapa pengujian yang akan dilakukan pengukuran yaitu seperti frekuensi, arus, tegangan pada GGL induksi, dan daya yang dihasilkan generator. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan keluaran maksimal pada Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA). Berikut merupakan rumus perhitungan untuk analisis keluaran pada generator

### 2.10.1 Menentukan diameter rotor (lebar piringan)

Perancangan generator juga harus menentukan beberapa perhitungan mulai dari nilai Erms, nilai fluks magnet dan masih banyak lagi dan untuk itu nilai yang di cari kali ini adalah nilai lebar piringan rotor ataupun stator dimana ini menentukan dalam mencari rumus Amagnet dimana amagnet ini adalah luas penampang magnet dan rumus ini sebagai runtutan rumus mencari fluks maksimum magnet tersebut. Untuk itu rumus ini adalah sebagai berikut :

$$Tf = \sin 30^\circ \cdot b$$

Keterangan :

$Tf$  = jarak antar magnet (cm)

$B$  = panjang magnet (cm)

Kemudian dari rumus ini dapat mencari nilai keliling rotor yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$Kr = (Tf \cdot p) + (a \cdot p)$$

Keterangan :

$Kr$  = keliling rotor (cm)

$Tf$  = jarak antara magnet (cm)

$a$  = lebar magnet (cm)

$p$  = pole (jumlah magnet/ kutub rotor)

**2.10.2 Menentukan Kekuatan Magnet Pada Rotor**

Pada generator memiliki gerak gaya listrik atau disingkat GGL, dimana untuk mencari nilai ini maka hal yang di perlukan mulai dari jumlah belitan (kumparan) fluks magnet dan beberapa persamaan untuk itu dapat di tuliskan sebagai berikut :

$$B_{max} = B_r \frac{l_m}{l_m + \delta} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- $B_r$  = Kerapatan fluks (T)
- $l_m$  = Tinggi magnet (m)
- $\delta$  = Lebar celah udara (m)
- $B_{max}$  = Fluks magnet maksimal (T)

Setelah nilai dari  $B_{max}$  atau fluks magnet didapat maka kita dapat mencari nilai dari luas magnet ini diperuntukan mengetahui hasil besaran magnet saat berada di rotor, untuk itu rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$A_{magn} = \frac{\pi(r_o^2 - r_i^2) - \tau f (r_o - r_i) N_m}{N_m} \dots\dots\dots(2.9)$$

Atau

$$A_{magn} = P \cdot l \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- $A_{magn}$  = luasan magnet (m<sup>2</sup>)
- $r_o$  = radius luar magnet (m)
- $r_i$  = radius dalam megnet (m)
- $N_m$  = jumlah magnet
- $\tau f$  = jarak antar magnet (m)
- $P$  = Panjang (Cm)
- $l$  = Lebar (Cm)

Pada tahap selanjutnya adalah mencari nilai maksimum yang dihasilkan oleh fluks maksimum dengan parameter luas magnet dengan nilai yang dihasilkan oleh fluks magnet untuk itu rumusnya sebagai berikut :

$$\Phi_{\max} = A_{\text{magn}} \times B_{\max} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

$A_{\text{magn}}$  = luasan magnet (m<sup>2</sup>)

$B_{\max}$  = Fluks magnet maksimal (T)

$\Phi_{\max}$  = Fluks maksimum (Wb)

Dari rumus-rumus yang ada diatas dapat menjadi acuan dalam mencari nilai dari tegangan rms yang dihasilkan oleh generator itu sendiri dari beberapa persamaan yaitu adalah sebagai berikut :

$$E_{\text{rms}} = 4,44 \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{\max} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Atau

$$E_{\text{rms}} = 4,44 \cdot N \cdot \frac{nr}{60} \cdot \Phi_{\max} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$E_{\text{rms}}$  = Tegangan Yang Di Bangkitkan (V)

$N$  = Jumlah Lilitan (M)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$\Phi_{\max}$  = Fluks Maksimum (Wb)

$N_s$  = Jumlah Kumparan

$N_{ph}$  = Jumlah Fasa

$nr$  = kecepatan rotor (RPM)



### 2.10.3 Menentukan Daya Keluaran

Tahap selanjutnya ialah menghitung nilai keluaran yang di hasilkan dari generator tipe aksial ini dengan persamaan di bawah ini. nilai pada tegangandan arus sudah diketahui dengan persamaan rumus yang di atas dengan menentukan kuat magnet sampai besaran kawat yang digunakan pada generator tersebut. Rumus menghitung daya keluaran menggunakan persamaan :

$$P=V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

P = Daya Yang Dihasilkan (Watt)

V = Tegangan Yang Dikeluarkan (Volt)

Cos  $\Phi$  = 0.8 (Nilai Yang Di Inginkan )

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Teknik analisis data penelitian ini menggunakan teknik analisis data penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungannya. Penelitian kuantitatif sesuai dengan namanya, banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dan hasilnya. Demikian juga pemahaman akan kesimpulan penelitian akan lebih baik apabila disertai dengan tabel, grafik, bagan, gambar atau tampilan lain.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat untuk penelitian dilakukan secara umum dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Renewable Energy, Center for Development of Advanced Science and Technology (CDAST) Universitas Jember.

Alamat : Jl. Kalimantan No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini membutuhkan waktu selama kurang lebih 4 bulan, dengan pada bulan pertama study literatur, bulan kedua dan ketiga Perancangan generator permanen magnet fluk aksial, pada bulan ketiga dan keempat Analisis data, pembahasan, dan pembuatan laporan hasil penelitian. Untuk lebih rinci berikut adalah table jadwal penelitian :

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan				
		1	2	3	4
1	Study Literatur	■			
2	Perancangan generator permanen fluk aksial		■	■	
3	Analisis data dan pembahasan			■	■
4	Pembuatan laporan				■

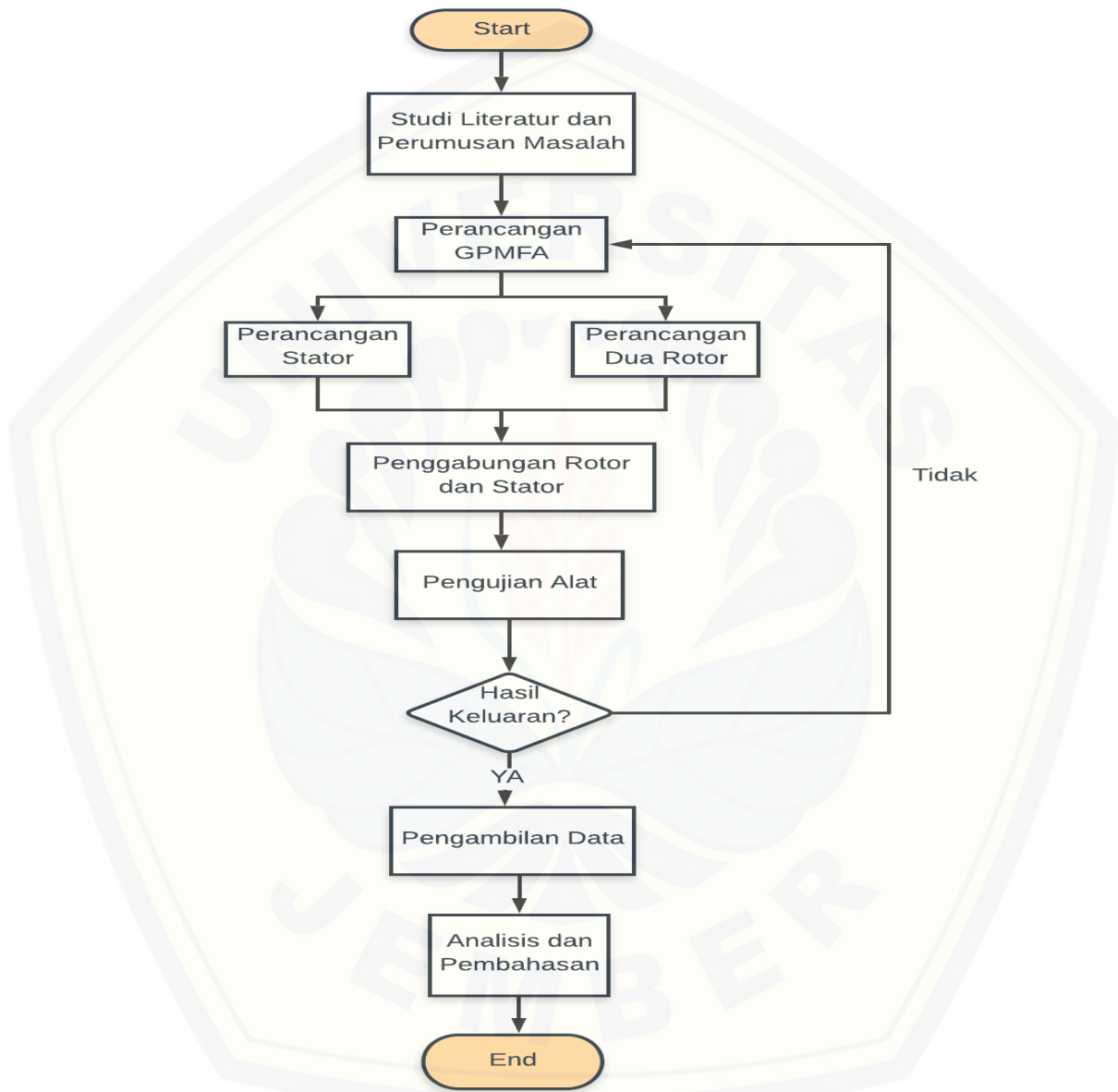
### 3.3 Alat dan Bahan

Untuk melaksanakan penelitian Tugas Akhir / Skripsi ini diperlukan beberapa alat dan bahan, yaitu :

1. akrilik
2. Magnet Neodymium Iron Boron (NdFeB) N52 30mm x 10mm x 5mm
3. Kabel
4. Bearing
5. Baut
6. Timah
7. Solder
8. AVO meter
9. Tachometer
10. Motor bor Couple (*primer mover*)
11. Lampu Bohlam

### 3.4 Diagram Alur penelitian

Dalam penelitian ini memerlukan tahap-tahap melakukan penelitian dan pembuatan laporan menjadi lebih mudah dan lancar berikut ini adalah tahap-tahapnya,



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, dibuat langkah-langkah atau tahapan penelitian sebagai berikut :

a. Perumusan Masalah dan Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan literatur yang menunjang dalam penelitian sekaligus pengembangannya. Informasi yang didapat akan dijadikan acuan untuk melakukan perancangan dan pembuatan generator sinkron permanen magnet 1 fasa agar mendapatkan hasil penelitian yang maksimal.

b. Perancangan GPMFA 1 Fasa.

Merancang generator sinkron permanen magnet yang terdiri dari stator dan rotor untuk menghasilkan listrik 1 fasa yang maksimal. Pada perancangan terlebih dahulu mendesain menggunakan Corel Draw dan menggunakan autocad untuk mendapatkan gambaran untuk perancangan generator sinkron permanen magnet secara keseluruhan.

c. Perancangan Stator

Pada perancangan stator dilakukan dengan membongkar kumparan kemudian dilakukan dengan cara melilit kembali sesuai dengan perhitungan jumlah lilitan.

d. Perancangan Rotor

Pada perancangan rotor dilakukan dengan menambahkan 24 Kutub dengan harapan generator menghasilkan keluaran tegangan dan arus. Pada perancangan rotor menggunakan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) N52.

e. Penggabungan Stator dan Rotor

Pada tahap ini dilakukan dengan cara menggabungkan stator dan rotor termasuk *housing* dari generator agar dapat dilakukan pengujian pada tahap berikutnya.

f. Pengujian dan Pengukuran Alat.

Pada tahap ini dilakukan pengujian dan pengukuran alat untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dengan variasi beban. Pada tahap ini juga menggunakan osiloskop untuk mengamati gelombang yang dihasilkan untuk menghasilkan gelombang sinus yang baik dan maksimal.

g. Pengambilan Data.

Melakukan pengambilan data apabila keluaran yang dihasilkan sudah baik dan dapat dilakukan analisis dengan harapan eror persen kecil.

h. Analisis Hasil.

Menganalisis *output* dari sistem yang telah dirancang untuk mengetahui sesuai tidak dengan keluaran yang diharapkan.

i. Pengambilan kesimpulan dan saran.

Setelah dilakukan analisis data dan pembuatan laporan, tahap selanjutnya adalah penarikan kesimpulan mengenai performa dari alat yang dibuat dan memberikan saran guna memperbaiki kekurangan dan pengembangan serta penyempurnaan penelitian lebih lanjut.

3.5 Blok Diagram dan Perancangan Sistem



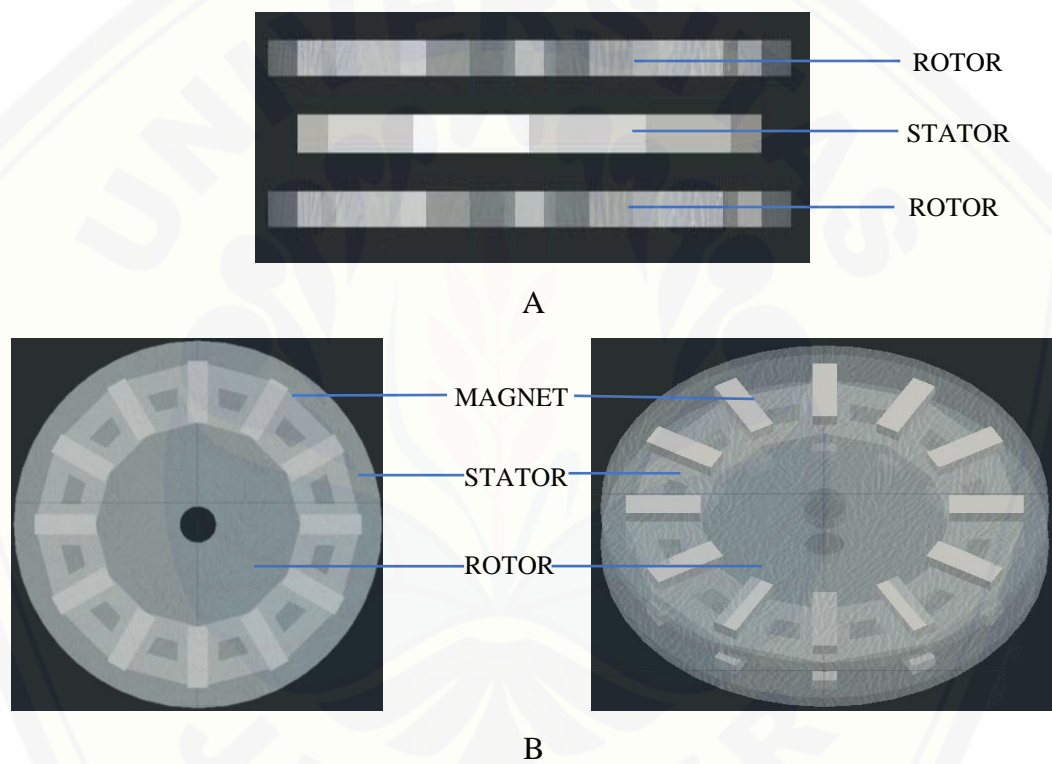
Gambar 3.2 Diagram Blok

Seperti yang dilihat pada gambar 3.2 diagram blok membuktikan bahwa motor AC digunakan untuk memutar Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa untuk menghasilkan listrik. Pada Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa menggunakan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) berjumlah 2 buah pada rotor dengan 28 buah magnet dan 14 buah kumparan pada stator. Pada Generator Magnet Permanen berdisain Fluk Aksial (GPMFA) 1 fasa ini menggunakan stator tunggal dan rotor ganda untuk menghasilkan listrik. Diharapkan listrik yang dihasilkan memiliki gelombang sinus yang baik. Kemudian pada sistem akan dilakukan pengujian dengan beberapa

variasi beban dengan parameter pengukuran berupa arus, tegangan dan kecepatan rotasi permenit (rpm) serta menampilkan bentuk gelombang sinus menggunakan osiloskop. Pada pengukuran arus dan tegangan menggunakan AVO meter serta kecepatan menggunakan Tachometer.

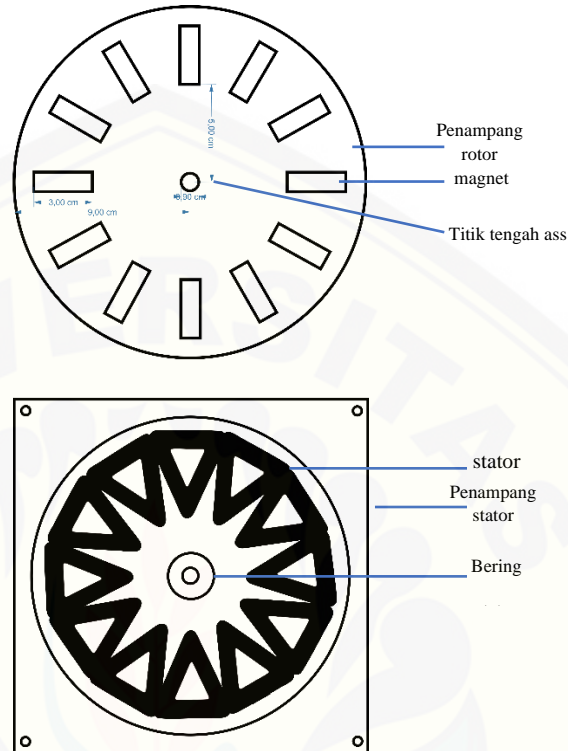
### 3.6 Rancangan Generator Permanen berdisain Fluk Aksial Rotor Ganda

Berikut merupakan desain perancangan alat generator permanen fluk aksial dua rotor satu fasa :



Gambar 3.3 Bentuk Dari Rancangan 3 Dimensi Dengan 3 Kondisi  
A) Tampak Atas Dan B) Tampak Depan

Diatas adalah disain dari generator dengan kondisi 3 dimensi utuk di bawah ini adalah bentuk dari generator dengan memiliki kondisi 2 dimensi dengan jarak yang sudah tertera antara magnet dan stator untuk itu sebagai berikut



Gambar 3.4 Bentuk Disain Dengan 2 Dimensi

Pada penelitian ini menggunakan dua rotor yang dihadapkan aksial untuk menghasilkan tegangan dan arus. Pada alat tersebut memiliki 12 kumparan pada stator sehingga pada rotor akan dipasang 24 kutub magnet jenis *Neodymium Iron Boron* N52 (NdFeB), Kemudian pada alat ini akan dilakukan pengujian arus, tegangan, kecepatan dan akan ditampilkan gelombang sinus yang dihasilkan oleh Generator Permanent Magnet berdisain fluk aksial dua rotor.



### 3.7 Target Generator

Target Generator Sebelum mendesain generator, langkah pertama ialah menentukan parameter umum dari generator yang akan didesain. Target ini meliputi daya, tegangan keluaran, jumlah fasa, frekuensi, dan kecepatan putar. Berikut merupakan parameter dasar dari generator yang akan didesain :

Tabel 3.2 Parameter dasar generator yang akan di desain

no	Parameter	Nilai
1	Daya	50 watt
2	Tegangan induksi	220 volt
3	Fasa	1
4	Frekuensi	50 Hz
5	Kecepatan	1000 rpm

Parameter tersebut digunakan untuk menentukan parameter yang lebih spesifik misalnya jumlah kutub, jumlah putaran coil, dimensi acuan generator.

### 3.8 Pengujian Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA)

Pengujian Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) terdiri dari beberapa tahapan untuk dapat menganalisis kemampuan dari generator tersebut. Hal tersebut dilakukan untuk menganalisis keluaran tegangan, arus dan daya yang dihasilkan generator yaitu sebagai berikut

1. Pengukuran tahanan lampu bohlam yang digunakan sebagai beban.
2. Pengukuran tegangan generator tanpa beban.
3. Pengukuran tegangan dan arus dengan variasi beban dengan bentuk gelombang.
4. Pengukuran tegangan dan arus dengan variasi beban pada kecepatan pengujian generator dibawah 1000 rpm

Pada pengujian Generator Permanen Magnet berdisain Fluk Aksial (GPMFA) ini menggunakan beberapa alat ukur untuk menguji kemampuan dari generator tersebut. Alat ukur yang digunakan terdiri dari AVO meter, tang meter, watt meter dan osiloskop untuk menampilkan sinyal sinus. Pada pengujian ini menggunakan *prime mover* berupa bor listrik untuk memutar rotor.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang sudah dilakukan pada penelitian rancang bangun generator permanen magnet 1 fasa tipe fluk aksial di dapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini berjudul tentang rancang bangun generator permanen magnet 1 fasa tipe fluk aksial dua rotor keluaran hasil tegangan sebesar 220 volt tanpa beban. Jumlah *slot* dan *pole* untuk desain yang dibuat adalah 12 slot dan 24 pole. Setiap kumparan pada masing- masing *slot* terdiri dari 2000 lilitan dengan diameter kawat 0,15 mm dan untuk kumparan yang satunya mengunkan masing- masing *slot* terdiri dari 300 lilitan dengan diameter kawat 0,4 mm .
2. Penggunaan lilitan yang semakin banyak dapat mempengaruhi nilai besaran tegangan yang keluar pada generator dengan kondisi tanpa beban, namun semakin besar diameter kawat email yang digunakan maka akan semakin besar pula nilai arus yang dihasilkan ini dibuktikan dari perhitungan nilai  $E_{rms}$  sehingga nilai tegangan ditentukan dari semakin banyak lilitan yang digunakan.
3. Pada pengujian generator permanen mangnet dengan tanpa beban menghasilkan tegangan semakin besar seiring semakin besar nilai kecepatan generator. Pada saat penambahan variasi beban didapatkan hasil pengujian semakin besar nilai kecepatan putaran generator maka tegangan, arus dan daya yang dihasilkan semakin besar.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini juga penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sabagai acuan dalam merancang generator .

1. Pengaturan celah udara perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dan dapat mendekati nilai eror persen yang sempurna.
2. Menggunakan inti besi agar penyerapan fluk magnet dapat dilakukan dengan sempurna oleh arah fluk magnet permanen tersebut.

3. Penggunaan dimensi yang lebih besar agar bisa mengelurkan tegangan dan arus yang lebih besar pula.
4. Untuk melilit kumparan sebaiknya menggunakan mesin bukan manual, agar jumlah putaran masing-masing kumparan bisa sama dan perhitungan putaran presisi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah Wijaya, ardhians. dkk .,2016. Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. Bandung : Institut Teknologi Nasional Bandung
- Budiman A. dkk. 2012. Desain generator magnet permanen untuk sepeda listrik. Surakarta: Universitas Surakarta.
- Chapman, S.J., 2002, *Electric Machinery and power system Fundamentals international edition* , McGraw-Hill Companies, Amerika
- Hendershoot, J.R & Miller, T., 1994, *Design of Brushless Permanent-Magnet Motor, Magna Physics Publishing and Clarendon Press*, Oxford.
- Pasca Atmojo, Andre. 2011. Analisis unjuk kerja rancang bangun generator axial cakram tunggal sebagai pembangkit turbin angin poros vertical tipe savonius. Jakarta : Universitas Indonesia
- Pradipta dkk. 2015. Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa. Semarang: Universitas Dipenogoro.
- Prasetijo, Hari.dkk,. 2012. Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. Purwokerto ; Universitas Jenderal Soedirman
- Soehada S, Ach Maulana. 2017. Efek air gap rancang bangun dan uji performa generator listrik fluks aksial berbasis magnet permanen NdFeB, Tangerang Selatan : Universitas Pamulang.
- Sofian, Edy . 2011. Studi bentuk rotor magnet permanen pada generator sinkron magnet permanen fluks aksial inti stator. Jakarta : Universitas Indonesia

Umami M. I. dkk., 2017. Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Jenis Neodymium Iron Boron Untuk PLTB Daya 500 Watt Menggunakan Perangkat Lunak MagNet Infolytica. Mataram: Universitas Mataram.

Gieras, J.F. 2002. Axial flux permanent magnet brushless machines, 2nd edition, Springer-Verlag.

Wijaya, F. Danang. 2014. Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.

Rambey, M. Faiz. 2017. Deskripsi Singkat Kurva Histerisis. [online].  
<https://medium.com/@m.faizrambey/deskripsi-singkat-kurva-histerisis-4543360d287c> (diakses 27 desember 2017)

Susanto, 2011 Menggulung Transformator/ Trafo. [online].  
<http://susantronika.blogspot.com/2011/09/menggulung-transformator-trafo.html> (diakses 1 september 2011)

## DAFTAR LAMPIRAN

## • Perhitungan

1. Mencari nilai jarak antar magnet

$$\begin{aligned} T_f &= \sin 25^\circ \cdot b \\ &= 0,4 \times 3 \\ &= 1,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Mencari keliling

$$\begin{aligned} K_r &= (T_f \cdot p) + (a \cdot p) \\ &= (1,2 \times 12) + (3 \times 12) \\ &= 50,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Mencari fluk magnet

$$\begin{aligned} B_{\max} &= B_r \frac{l_m}{l_m + \delta} & B_{\max} &= B_r \frac{l_m}{l_m + \delta} \\ &= 0,000082 \frac{0,5}{0,5 + 0,5} & &= 0,000131 \frac{0,5}{0,5 + 0,5} \\ &= 0,000041 \text{ T} & &= 0,0000655 \text{ T} \end{aligned}$$

4. Mencari luas magnet

$$\begin{aligned} A_{\text{magn}} &= P \times L \\ &= 3 \times 1 \\ &= 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

5. Mencari maksimum magnet

$$\begin{aligned} \emptyset_{\max} &= A_{\text{magn}} \times B_{\max} \\ &= 3 \times 0,000041 \text{ T} \\ &= 0,000123 \text{ T} \\ \emptyset_{\max} &= A_{\text{magn}} \times B_{\max} \\ &= 3 \times 0,0000655 \text{ T} \\ &= 0,0001965 \text{ T} \end{aligned}$$

DATA DAN KONTRUKSI

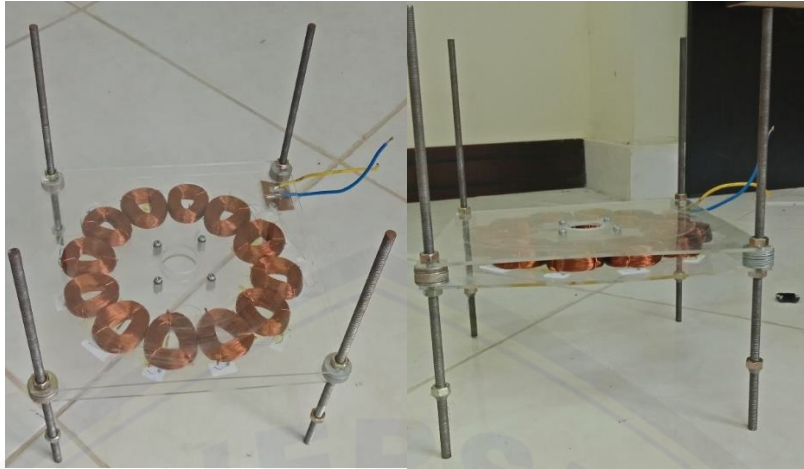
- Kontruksi Generator



- Kontruksi rotor



- Kontruksi Generator stator



- Stator dengan kondisi ukuran kawatemail 0.4 mm

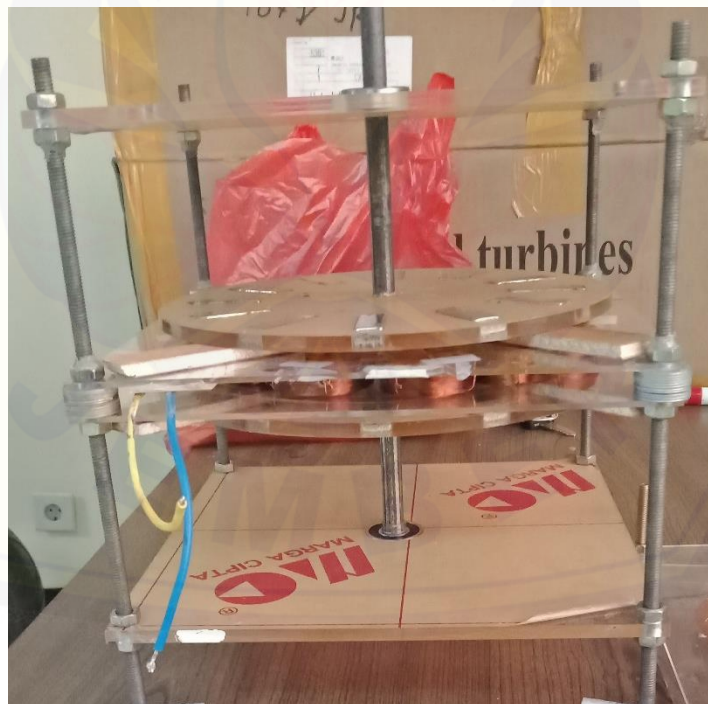


- Stator dengan kondisi ukuran kawatemail 0.15 mm





- Kontruksi generator dengan keadaan sudah lengkap stator dan rotor



- Nilai Kuat Medan Magnet Yang Digunakan saat kondisi kawat 0,15 mm



- Nilai Kuat Medan Magnet Yang Digunakan saat kondisi kawat 0,4 mm



- bentuk setiap lilitan dengan ukuran 0.15 dan 0.4 mm  
ukuran diameter kawat 0.15 mm      ukuran diameter kawat 0.4 mm



- prosesi pembuatan setiap kumparan



- percobaan pertama dengan kawat email 0,15 mm dengan daya 15 watt



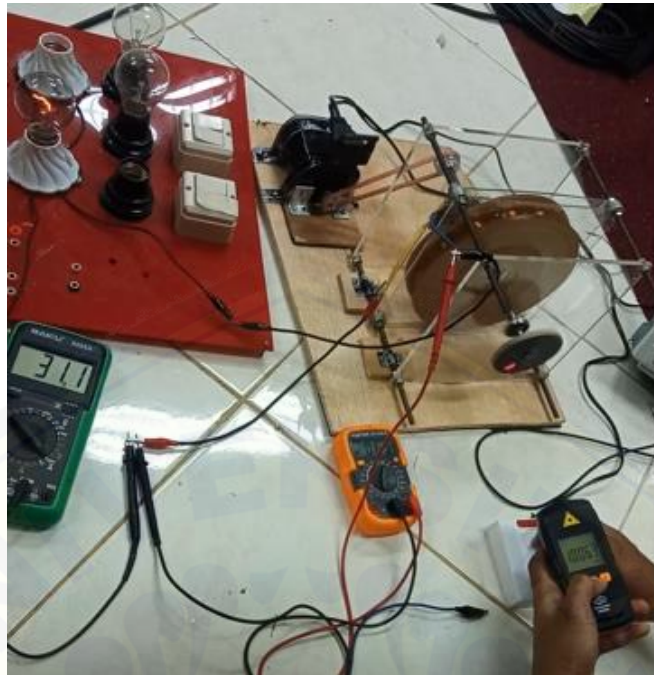
- percobaan pertama dengan kawat email 0,15 mm dengan daya 25 watt



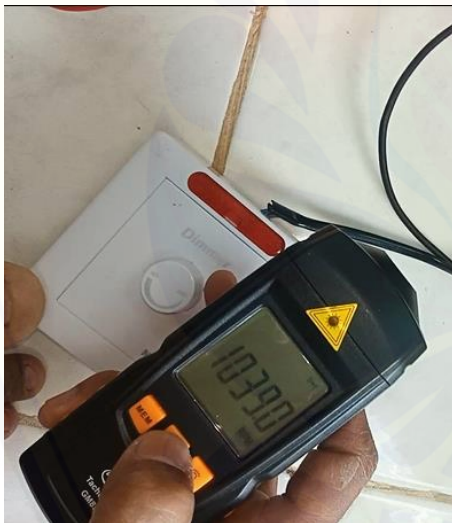
- percobaan pertama dengan kawat email 0,15 mm dengan daya 40 watt.



- percobaan pertama dengan kawat email 0,4 mm dengan daya 15 watt.



- percobaan pertama dengan kawat email 0,4 mm dengan daya 25 watt



- percobaan pertama dengan kawat email 0,4 mm dengan daya 40 watt



**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdillah Wijaya, ardhians. dkk .,2016. Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. Bandung : Institut Teknologi Nasional Bandung
- Budiman A. dkk. 2012. Desain generator magnet permanen untuk sepeda listrik. Surakarta: Universitas Surakarta.
- Chapman, S.J., 2002, *Electric Machinery and power system Fundamentals international edition* , McGraw-Hill Companies, Amerika
- Hendershoot, J.R & Miller, T., 1994, *Design of Brushless Permanent-Magnet Motor*, Magna Physics Publishing and Clarendon Press, Oxford.
- Pasca Atmojo, Andre. 2011. Analisis unjuk kerja rancang bangun generator axial cakram tunggal sebagai pembangkit turbin angin poros vertikal tipe savonius. Jakarta : Universitas Indonesia
- Pradipta dkk. 2015. Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Prasetijo, Hari.dkk,. 2012. Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. Purwokerto ; Universitas Jenderal Soedirman
- Soehada S, Ach Maulana. 2017. Efek air gap rancang bangun dan uji performa generator listrik fluks aksial berbasis magnet permanen NdFeB, Tangerang Selatan : Universitas Pamulang.
- Sofian, Edy . 2011. Studi bentuk rotor magnet permanen pada generator sinkron magnet permanen fluks aksial inti stator. Jakarta : Universitas Indonesia
- Umami M. I. dkk,. 2017. Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Jenis Neodymium Iron Boron Untuk PLTB Daya 500 Watt Menggunakan Perangkat Lunak MagNet Infolytica. Mataram: Universitas Mataram

Gieras, J.F. 2002. Axial flux permanent magnet brushless machines, 2nd edition, Springer-Verlag.

Wijaya, F. Danang. 2014. Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial Putaran Rendah. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.

Rambey, M. Faiz. 2017. Deskripsi Singkat Kurva Histerisis. [online].

<https://medium.com/@m.faizrambey/deskripsi-singkat-kurva-histerisis-4543360d287c> (diakses 27 desember 2017)

