

**RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN  
DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT**

**LAPORAN SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH :**

**RIZHAM  
10.12.034**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN  
DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1)*

**Disusun Oleh :**

**RIZHAM**

**NIM : 10.12.034**

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

**NIP.P.1030100358**

**Diperiksa dan Disetujui**

**Mengetahui**

**Dosen Pembimbing I**

**Mengetahui**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
**NIP.Y.1018800189**

**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
**NIP.Y.1018800188**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : RIZHAM  
2. NIM : 1012034  
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1  
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK  
5. Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN  
DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

- Hari : Rabu  
Tanggal : 18 Februari 2015  
Dengan Nilai : **80,55 (A)**

**Panitia Ujian Skripsi**

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST. MT  
NIP.P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. J Komang Somawirata, ST. MT  
NIP. P. 1030100361

**Anggota Penguji**

Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y. 1038900209

Penguji II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT  
NIP. P. 1031400472

---

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizham  
NIM : 10.12.034  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, Maret 2015

Yang membuat Pernyataan,



**Rizham**  
NIM : 10.12.034

# RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT

Rizham Nim 10.12.034

Dosen Pembimbing: Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT dan  
Ir. M. Abdul Hamid, MT

## Abstrak

*Saat ini pembangkit listrik tenaga angin sangat gencar dikembangkan dimana jenis pembangkit tersebut memerlukan generator dengan putaran yang rendah untuk menghasilkan energi listrik, dikarenakan rata-rata kecepatan angin di Indonesia memiliki kecepatan 4 m/s sampai 6 m/s.*

*Pada pembahasan skripsi ini generator magnet permanen yang dibuat adalah generator magnet permanen satu fasa berjenis cakram tunggal aksial dengan stator tanpa inti besi dan pada rotor digunakan magnet permanen berjenis Neodymium dengan  $B_r$  1,17T magnet yang digunakan berjumlah 16 buah, dan stator terdiri dari 16 buah kumparan.*

*Tahap pengujian dilakukan di laboratorium yaitu rotor generator diputar dengan motor DC sebagai penggerak mula dengan variasi putaran. Hasil pengujian generator tanpa beban pada kecepatan 142 rpm sampai 375 rpm menghasilkan tegangan 12 volt sampai 28,7 volt, pada pengujian berbeban dengan beban 105 watt terdiri dari 3 bola lampu dengan tegangan kerja 12 volt pada kecepatan putaran 490 rpm menghasilkan arus 6,2 amper, 10 volt dan daya 62 watt, sedangkan pada pengujian pengisian akumulator pada kecepatan putaran 250 rpm menghasilkan keluaran tegangan 13,4 Vdc dengan arus 2,5 amper sehingga pada kecepatan putar 250 rpm sudah dapat mengisi akumulator.*

**Kata kunci :** *Generator Kecepatan Rendah, Magnet Permanen, Cakram Tunggal*

## Abstract

Currently wind power plant is actively developed in which the type of the plant requires a generator with low round to produce electrical energy, because the average wind speed in Indonesia has a speed of 4 m / s to 6 m / s.

In the researched of this thesis made permanent magnet generator is a permanent magnet generator single phase axial-type single disc with the stator without iron core and in the rotor used permanent magnet manifold Neodymium with  $B_r$  1,17 T magnets used were 16 pieces, and the stator consists of 16 pieces spindle.

The testing phase is done in the laboratory that the generator rotor is rotated by a DC motor as prime movers with variation round. Result of generator test without load at a speed of 142 rpm to 375 rpm produces a voltage of 12 volts to 28.7 volts, the burden of testing with 105 watt load consists of 3 bulb with a working voltage of 12 volts at a rotation speed of 490 rpm produces a current of 6.2 amperes, 10 volts and 62 watts of power, while the accumulator charging testing at a rotation speed of 250 rpm produces 13.4 Vdc output voltage with a current 2.5 amperes so that the rotational speed of 250 rpm was able to fill the accumulator

**Key word :** Low Speed Generator, Permanent Magnet, Single Disc

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang dengan segala Kasih dan Anugerah-Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul: **“RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT”**

Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. H. Anang subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT. Selaku Dosen Wali.
6. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
7. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
8. Kedua orang tua saya, ibu bapak yang selalu memberikan dukungan tanpa henti.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin .....	5
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin .....	5
2.2 Generator Magnet Permanen Fluks Aksial .....	6
2.3 Konstruksi Generator Magnet Permanen Fluks Aksial .....	7
2.3.1 Stator .....	8
2.3.2 Rotor.....	11
2.3.3 Celah Udara.....	13
2.4 Perbandingan Generator Magnet Permanen Aksial dengan Radial ..	14
2.5 Prinsip Kerja Generator Magnet Permanen Fluks Aksial .....	15
2.6 Tipe-Tipe Generator Magnet Permanen Aksial .....	17
2.6.1 Berdasarkan Tata Letak dan Jumlah Rotor dan Stator .....	17
2.6.2 Berdasarkan Posisi Magnet Permanen Pada Rotor .....	19
2.6.3 Berdasarkan Kutub Magnet Permanen Pada Rotor .....	19

2.6.4 Berdasarkan Tipe Stator .....	20
-------------------------------------	----

### **BAB III PERANCANGAN ALAT DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1 Tujuan Perancangan dan Pembuatan.....	21
3.2 Perancangan Sistem.....	22
3.2.1 Data Magnet .....	22
3.2.2 Data Kecepatan Angin.....	23
3.2.3 Perencanaan Kecepatan Putar .....	24
3.2.4 Dimensi Rotor .....	24
3.2.5 Perencanaan Tegangan Keluaran .....	27
3.2.6 Desain Stator .....	28
3.2.7 Celah Udara .....	29
3.2.8 Data Spesifikasi Desain.....	29
3.3 Diagram Alir Pembuatan Generator.....	31
3.4 Pembuatan Rotor .....	32
3.4.1 Pembuatan Dudukan Magnet .....	32
3.4.2 Proses Penanaman Magnet Permanen .....	33
3.5 Pembuatan Stator.....	34
3.5.1 Melilit Kumputaran .....	35
3.5.2 Penyusunan dan Pengecoran Kumputaran .....	36
3.6 Tahap Penggabungan Rotor dan Stator .....	38

### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA**

4.1 Peralatan Pengujian .....	40
4.2 Perbandingan Perhitungan.....	40
4.3 Pengujian Tanpa Beban.....	42
4.3.1 Pengujian Tanpa Beban Dengan Penyearah.....	44
4.3.2 Pengujian Berbeban .....	45
4.4 Pengujian Dengan Akumulator .....	47

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Generator Magnet Permanen .....	7
Gambar 2.2 Konfigurasi Stator Sistem Satu Phase.....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi Stator Sistem Tiga Phase.....	9
Gambar 2.4 Stator Torus Slotted.....	9
Gambar 2.5 Stator Overlapping dan Non-Overlapping .....	10
Gambar 2.6 Bentuk Magnet Permanen Pada Rotor .....	11
Gambar 2.7 Kurva Demagnetisasi Bahan Feromagnetik.....	12
Gambar 2.8 Generator Fluks Aksial dan Radial .....	14
Gambar 2.9 Generator Magnet Permanen Cakram Tunggal.....	17
Gambar 2.10 Generator Magnet Permanen Cakram Ganda .....	18
Gambar 2.11 Generator Magnet Permanen Cakram Banyak.....	18
Gambar 2.12 Tipe N-N dan Tipe N-S.....	19
Gambar 3.1 Desain Rotor.....	25
Gambar 3.2 Desain stator.....	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Generator.....	31
Gambar 3.4 Rotor Dengan Bahan Akrilick.....	33
Gambar 3.5 Rotor Magnet Permanen .....	34
Gambar 3.6 Desain Mal .....	35
Gambar 3.7 Melilit Kumparan .....	35
Gambar 3.8 Stator Setelah Pengecoran.....	37
Gambar 3.9 Penggabungan Rotor dan Stator.....	38

Gambar 3.10 Generator Tampak Sisi Depan .....	39
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Tegangan Tanpa Beban .....	43
Gambar 4.2 Grafik Percobaan Tanpa Beban Dengan Penyearah .....	45
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Tegangan Berbeban .....	46
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya .....	47
Gambar 4.5 Grafik Pengisian Akumulator .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel data magnet.....	22
Tabel 3.2 Tabel data angin.....	23
Tabel 3.3 Tabel data rotor.....	26
Tabel 3.4 Tabel data spesifikasi desain.....	30
Tabel 3.5 Tabel geometri ukuran rotor .....	26
Tabel 4.1 Tabel data desain generator .....	41
Tabel 4.2 Tabel data pengujian tanpa beban.....	42
Tabel 4.3 Tabel perbandingan perhitungan dan pengukuran.....	44
Tabel 4.4 Tabel data pengujian tanpa beban dengan penyearah.....	44
Tabel 4.4 Tabel data pengujian berbeban .....	46
Tabel 4.5 Tabel data pengujian pengisian akumulator .....	47
Tabel 4.6 Tabel data spesifikasi generator.....	49

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang dengan segala Kasih dan Anugerah-Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul: **“RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT”**

Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. H. Anang subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT. Selaku Dosen Wali.
6. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
7. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
8. Kedua orang tua saya, ibu bapak yang selalu memberikan dukungan tanpa henti.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2015

Penulis

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Krisis energi yang melanda dunia khususnya di Indonesia, telah membuat berbagai pihak mencari solusi dan melakukan penelitian untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik. Telah diketahui bahwa saat ini sumber minyak bumi dan batu bara semakin menipis, untuk itu energi alternatif sangat dibutuhkan dunia. Beberapa penelitian mulai memanfaatkan energi matahari, air dan angin untuk menghasilkan energi listrik baik dalam skala kecil maupun besar[1].

Permasalahan krisis dibidang energi listrik harus segera diselesaikan. Untuk itu diperlukan energi alternatif sebagai penghasil energi listrik. Diantaranya adalah pemanfaatan energi air dan angin, dimana kedua sumber energi ini membutuhkan perangkat generator berjenis putaran rendah, tanpa eksitasi, untuk menghasilkan listrik.

Generator yang banyak dijual di pasaran biasanya berjenis generator yang membutuhkan putaran tinggi dan juga membutuhkan energi listrik awal untuk membuat medan magnet. Pada penggunaan kincir angin, dibutuhkan generator yang berjenis putaran rendah dan tanpa energi listrik awal karena biasanya ditempatkan di daerah-daerah yang tidak memiliki aliran listrik[2].

Magnet permanen dapat diaplikasikan pada generator, sangat efisien karena dapat bekerja baik pada kecepatan putaran rendah. Generator magnet sangat memudahkan dalam mendesain generator dengan kapasitas daya tertentu hanya dengan mengubah parameter seperti kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat[7].

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka masalah yang akan dibahas adalah mengenai : Bagaimana merancang bangun generator magnet permanen dengan kapasitas daya 150 Watt.

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang bangun generator magnet permanen dengan kapasitas daya 150 Watt, serta mengamati karekteristik generator magnet permanen tersebut.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan – batasan masalah dalam makalah ini adalah:

1. Generator yang di rancangan bangun adalah generator magnet permanen dengan kapasitas daya 150 watt
  2. Generator dengan keluaran tegangan AC
  3. Tidak membahas rugi-rugi generator.
  4. Tidak membahas proteksi generator.
  5. Tidak membahas efesiensi generator.
-

## 1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

### 1. Studi literatur

Mencari referensi – referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan dibuat

### 2. Perancangan alat

Melakukan perancangan rangkain keseluruhan alat, perancangan rotor dan perancangan stator.

### 3. Pembuatan alat

Tahap realisasi dari rancangan alat yang sudah dibuat, pembuatan rotor dalam pembuatan rotor diperlukan magnet permanen,tempat dudukan magnet,akrilicyk, pembuatan stator dalam pembuatan stator diperlukan kawat tembaga,dudukan stator dan bahan untuk pengecoran stator, pembuatan poros generator dalam pembuatan poros generator diperlukan bearing dan batang aluminium.

### 4. Pengujian alat

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari fungsi alat yang sudah dibuat dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Seperti pengujian generator tanpa beban, pengujian generator berbeban, dan pengujian pengisian akumulator.

### 5. Pengolahan data

Melakukan analisa dari data yang diperoleh melalui pengujian alat sehingga dapat dibuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

---

## 1.6. Sistematika Pembahasan

Penyusunan laporan skripsi ini menggunakan kerangka pembahasan yang terbentuk dalam susunan bab, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

### **Bab I : Pendahuluan**

Bab ini merupakan dasar penyusunan skripsi yang di dalamnya berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan skripsi, batasan masalah, metodologi pengembangan sistem, dan sistematika pembahasan skripsi

### **Bab II : Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang permasalahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan pada skripsi ini.

### **Bab III: Perancangan Alat dan Pembuatan Alat**

Dalam bab ini dibahas mengenai perencanaan dalam pembuatan alat yang meliputi keseluruhan sistem.

### **Bab IV: Pengujian Alat dan Analisa Data**

Berisi tentang pembahasan hasil pengujian alat secara keseluruhan. Dan analisa hasil pengujian.

### **Bab V : Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penyusunan skripsi yang telah disusun.

---

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Angin**

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan perbedaan suhu udara yang rendah ke suhu udara yang tinggi. Hal ini berkaitan dengan besarnya energi panas matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Suatu wilayah menerima panas matahari bisa berbeda dengan wilayah lainnya. Daerah yang menerima panas matahari panas matahari yang lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang lebih rendah.

Pada zaman sekarang, angin dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif yang bersifat dapat diperbaharui dalam memenuhi kebutuhan listrik manusia yang semakin meningkat. Energi angin sangat ramah lingkungan sehingga dapat dijadikan sumber energi dan banyak dikembangkan di seluruh dunia. Karena angin adalah pergerakan udara yang memiliki massa dan bergerak dengan kecepatan tertentu, maka angin akan memiliki potensi berupa angin dan daya.

##### **2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

Pembangkit listrik tenaga angin atau pembangkit listrik tenaga bayu adalah suatu sistem yang dapat merubah energi kinetik yang terdapat pada partikel-partikel udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu menjadi energi listrik. Dimana prosesnya berawal dari angin yang ditangkap baling-baling atau sudu turbin. Turbin mempunyai poros yang sama dengan rotor generator ini mengakibatkan rotor ikut berputar dan menghasilkan listrik pada generator. Energi tersebut dapat disimpan pada battrey dan disalurkan kepada beban.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai garis pantai terpanjang di dunia, sehingga memiliki banyak daerah yang potensial untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin, setiap daerah mempunyai variasi kecepatan angin tertentu, potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan 5 m/s [7], sehingga memerlukan generator dengan putaran rendah sebagai komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga angin.

Dengan memanfaatkan energi angin dimana turbin terhubung satu poros dengan rotor maka kita dapat memanfaatkan energi mekanis dan dapat menghasilkan banyak manfaat bahkan sebagai penggerak utama generator pada pembangkit listrik tenaga angin.

Prinsip dan cara kerja turbin angin secara umum sama, hanya saja yang membedakan jenis angin dan dimana turbin angin tersebut dipasang, karena di Indonesia mempunyai karakteristik angin yang berkecepatan rendah. Maka dari itu banyak modifikasi yang dilakukan mulai dari sisi sudu-sudu atau baling-baling, jenis dan desain generator, dan alat penunjang lainnya.

## **2.2 Generator Magnet Permanen Fluks Aksial**

Generator magnet permanen adalah suatu mesin yang dapat mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik yang memiliki arah aliran fluks rotor yang memotong stator secara tegak lurus atau aksial. Untuk pemanfaatan sebagai pembangkit listrik dimana ukuran generator menjadi sangat penting, generator magnet permanen fluks aksial sangat tepat digunakan karena memiliki ukuran yang lebih kecil untuk daya yang sama dibandingkan dengan generator fluks radial, seperti misalnya pada sistem pembangkit listrik tenaga angin.

Beberapa kelebihan dari generator magnet permanen fluks aksial dibandingkan dengan generator fluks radial diantaranya :

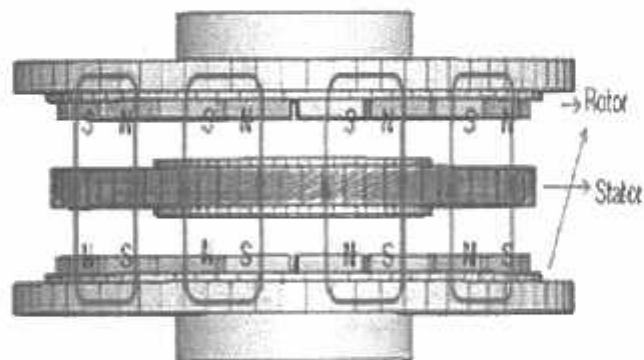
1. Memiliki panjang rotor yang pendek pada sumbu aksialnya, sehingga memiliki konstruksi mesin yang lebih pendek dan kompak.
  2. Memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi karena penggunaan magnet permanen, sehingga tidak timbul rugi-rugi daya pada kumparan rotor.
-

3. Memiliki densitas daya yang tinggi dengan ukuran yang lebih kecil.
4. Memiliki struktur yang lebih kuat dibandingkan dengan generator fluks radial.

Generator fluks aksial memungkinkan untuk didesain dalam beberapa variasi stuktur dari generator tersebut misalnya memodifikasi jumlah dan bentuk statornya, bentuk magnet permanen dari rotor, jumlah kutub pada rotor, maupun celah udara efektifnya. hal ini dilakukan untuk mendapatkan daya dan efesiensi yang dibutuhkan.

### 2.3 Konstruksi Generator Magnet Permanen Fluks Aksial

Seperti halnya generator pada umumnya, generator magnet permanen fluks aksial memiliki struktur yang sama yaitu stator, rotor dan celah udara perbedaan generator magnet permanen fluks aksial dengan fluks radial terletak pada aliran fluksnya yang memiliki arah aliran fluks tegak lurus atau aksial, dan penggunaan magnet permanen pada rotornya.

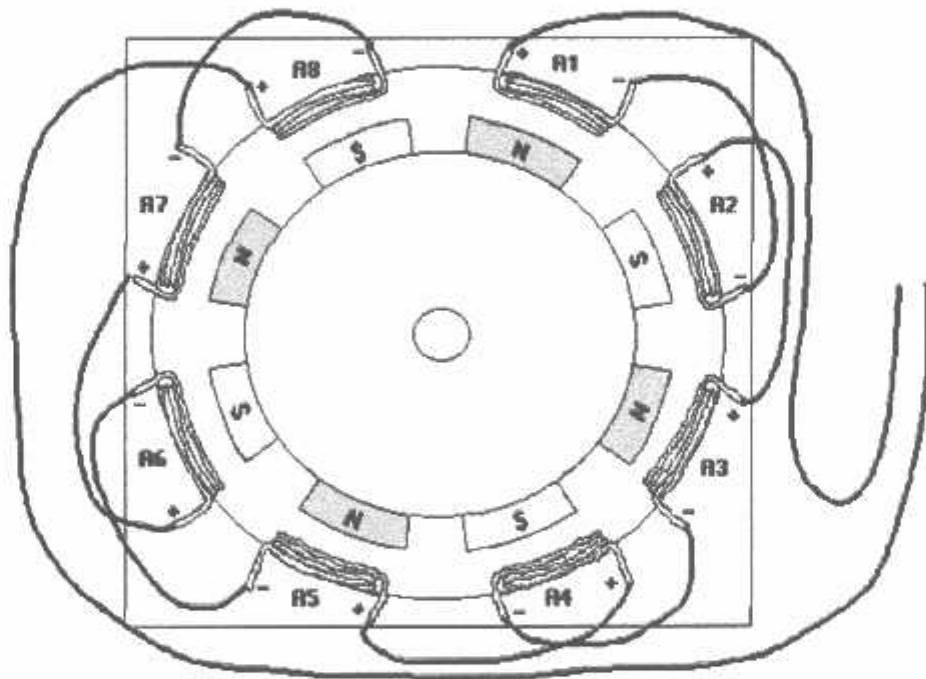


Gambar 2.1 Struktur generator magnet permanen

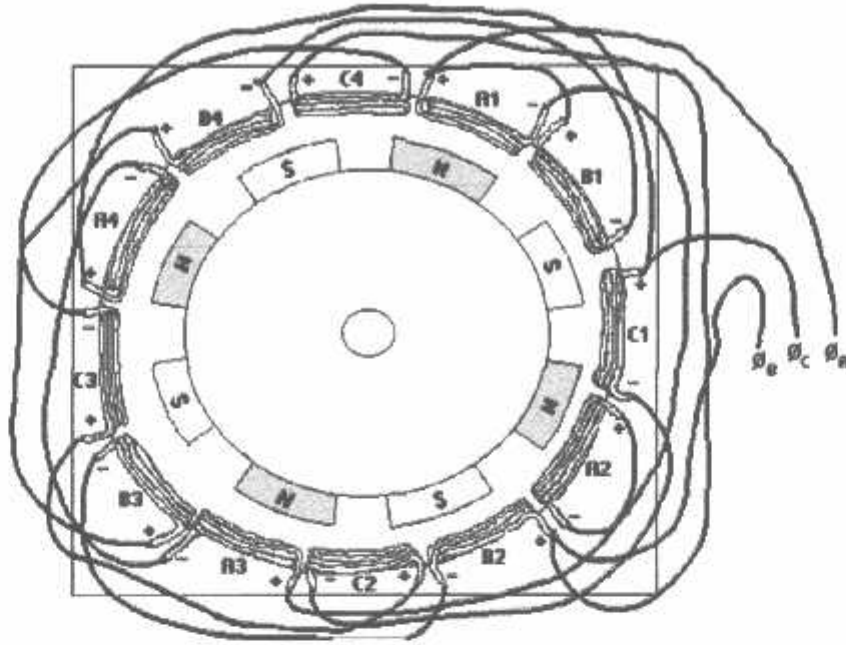
(Sumber gambar dari Jarekson Ramadhan skripsi universitas Indonesia)

### 2.3.1 Stator

Stator merupakan bagian tak bergerak atau statis pada generator. komponen utama pada stator adalah kumparan, jumlah kumparan pada stator tergantung banyak daya yang diinginkan. Konfigurasi stator dapat dilihat pada Gambar 2.1. Stator adalah komponen utama pada generator pada umumnya, begitu juga dengan generator magnet permanen, untuk mendesain generator satu fasa ataupun tiga fasa perbedaannya hanya pada cara menghubungkan lilitan pada stator, dapat dilihat konfigurasi hubungan lilitan satu fasa dan tiga fasa pada gambar dibawah ini.



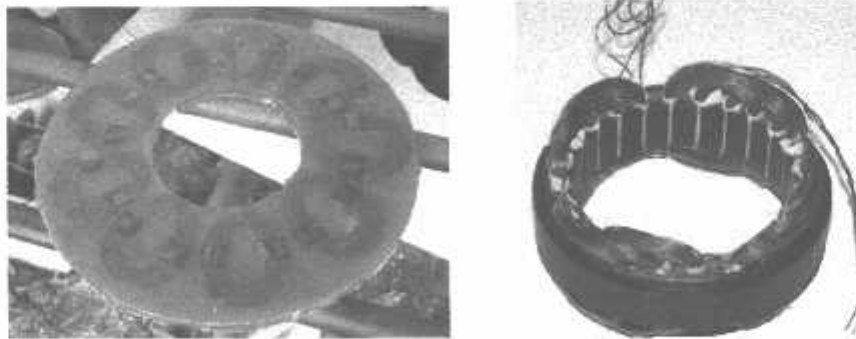
Gambar 2.2 Konfigurasi stator sistem satu phase



Gambar 2.3 Konfigurasi stator sistem tiga phase

Terdapat dua jenis stator pada generator magnet permanen fluks aksial, yaitu stator bentuk torus dan stator tanpa inti besi.

Stator bentuk slot biasanya digunakan pada generator magnet permanen fluks aksial dengan putaran tinggi. Stator ini memiliki inti besi ditengahnya yang selanjutnya dililinkan kumparan stator bentuk torus dapat dibedakan menjadi stator torus slotted dan non slotted.

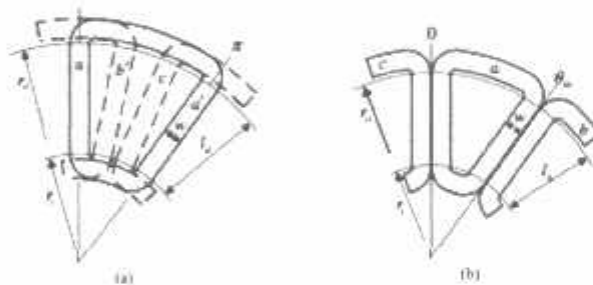


Gambar 2.4 Stator non slotted dan slotted

(Sumber gambar dari Hariyotejo Pujowidodo, Jefri Helian, Gatot Eka Pramono, Abrar Ridwan. universitas Indonesia)

pada stator torus slotted dapat dilihat bahwa celah udara efektif dari generator lebih besar dibandingkan pada stator tipe non slotted. Stator tanpa inti besi biasanya digunakan untuk putaran rendah dan torsi beban yang rendah. berdasarkan susunan kumparannya, stator tanpa inti besi dapat dibedakan menjadi stator dengan susunan kumparan overlapping dan non overlapping. dengan susunan overlapping dan non overlapping, dengan tidak adanya inti besi pada stator.

Pada susunan overlapping, kumparan disusun saling tumpang tindih. sedangkan pada susunan non overlapping kumparan disusun sejajar disamping kumparan lainnya, dengan susunan fasa yang di desain.



Gambar 2.5 Stator overlapping (a), Stator non-overlapping (b)

(Sumber gambar dari Jarekson Ramadhan skripsi universitas Indonesia)

Jumlah lilitan pada kumparan stator menentukan besarnya tegangan, arus keluaran, dan daya yang dihasilkan oleh generator fluks aksial. lilitan pada kumparan tersebut menentukan apakah yang dikuatkan tegangan atau arus tergantung dari hubungan paralel atau seri pada hubungannya.

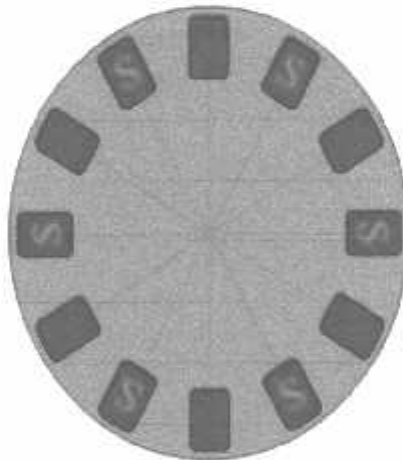
### 2.3.2 Rotor

Rotor pada generator fluks aksial menggunakan magnet permanen sebagai medan pembangkit medan magnet. magnet permanen tidak menghasilkan disipasi daya elektrik dan tidak memiliki penguat. seperti bahan feromagnetik lain dapat digambarkan oleh B-H hysteresis loop

Magnet permanen disebut juga hard magnetic material, yang artinya material feromagnetik yang memiliki hysteresis loop yang lebar yang menunjukkan sedikitnya induksi dari luar terhadap magnet tersebut (residu fluks besar).

Fungsi magnet permanen pada generator magnet permanen adalah sebagai pembangkit medan magnet sedangkan pada generator pada umumnya penguat medan magnet menggunakan excitacy tegangan dc.

Rotor pada generator magnet permanen fungsinya sama seperti generator pada umumnya adalah bagian yang berputar pada poros generator dan akan menginduksikan ggl pada kumparan stator.

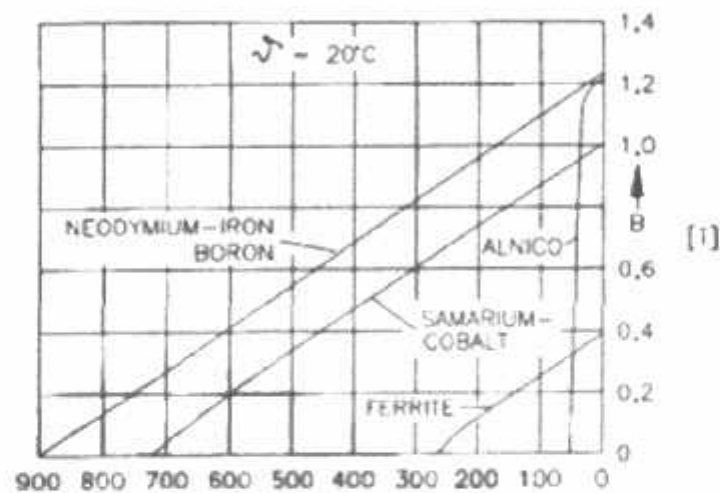


Gambar 2.6 Bentuk magnet permanen pada rotor  
(Sumber gambar dari Nanang Sudrajat, Tony Kristianto lembaga ilmu pengetahuan Indonesia)

Ada tiga jenis pembagian magnet permanen yang digunakan untuk mesin listrik yaitu :

1. Alnicos (Al, Ni, Co, Fe)
2. Keramik ( ferrite) seperti Barium Ferrite ( $BaO \cdot xFe_2O_3$ )
3. Samarium-cobalt (SmCo) dan neodymium-iron -boron (NdFeB)

Kurva demagnetis dari ketiga bahan tersebut dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Kurva demagnetisasi bahan feromagnetik

(Sumber gambar dari Jarekson Ramadhan skripsi universitas Indonesia)

Dari kurva diatas dapat dilihat bahwa bahan Neodymium-iron-boron menjadi bahan paling baik dari ketiga jenis bahan diatas.tetapi untuk implementasi generator fluks aksial pada putaran tinggi, samarium-cobalt lebih optimal dalam penggunaannya dikarenakan titik leburnya lebih tinggi dibanding neodymium-iron-boron. tetapi pada implementasi putaran rendah neodymium-iron-boron lebih efektif untuk diimplementasikan. Bentuk magnet permanen yang digunakan pada rotor generator fluks aksial sangat bervariasi, seperti misalnya. trapezoidal, circular dan square. hal ini

disesuaikan dengan mempertimbangkan tingkat efisiensi, proporsionalitas keadaan stator dan rotornya, serta tingkat kemudahan produksi[8].

Pada tahun 1980 ditemukan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) dengan kekuatan yang tinggi, dan mulai dikomersilkan sejak November 1984. NdFeB adalah material magnetik jenis permanen *rare earth* (tanah jarang), karena terbentuk oleh 2 atom dari suatu unsur tanah jarang *neodymium* (Nd), 14 atom besi (Fe) dan 1 atom boron (B), sehingga rumus molekul yang terbentuk adalah Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B.

Karakteristik magnet yang dimiliki NdFeB lebih baik bila dibandingkan dengan magnet permanen lainnya, seperti Ferit, *Alnico* dan *Samarium Cobalt*. BH max yang dimiliki dapat berkisar antara 30 MGOe sampai dengan 52 MGOe. Karena memiliki karakteristik magnet yang tinggi, maka dalam aplikasinya magnet NdFeB memiliki dimensi dan volume yang kecil. Dalam beberapa aplikasi, magnet ini juga dapat menggantikan penggunaan magnet *Samarium Cobalt*, khususnya penggunaan pada suhu kurang dari 80° C.

Aplikasi magnet NdFeB cukup banyak, seperti pada peralatan elektronik, motor listrik generator, sensor transduser, industri otomotif, industri petrokimia dan produk peralatan kesehatan. Keunggulan lain yang dimiliki oleh magnet NdFeB adalah memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan magnet *Samarium Cobalt*[2].

Tetapi kekurangannya adalah tidak dapat diaplikasikan pada suhu tinggi, yaitu hanya maksimum berkisar sampai 200 oC. Selain itu magnet ini cukup mahal dan mempunyai ketahanan korosi yang rendah, sehingga dalam aplikasinya diperlukan *surface treatment*, seperti dilapisi dengan nikel, seng atau emas

### 2.3.3 Celah Udara

Celah udara pada generator merupakan tempat berpindahnya fluks magnet pada magnet permanen dan menginduksikan ke kumparan stator, sehingga pada celah udara ini terjadi mekanisme perpindahan atau konversi

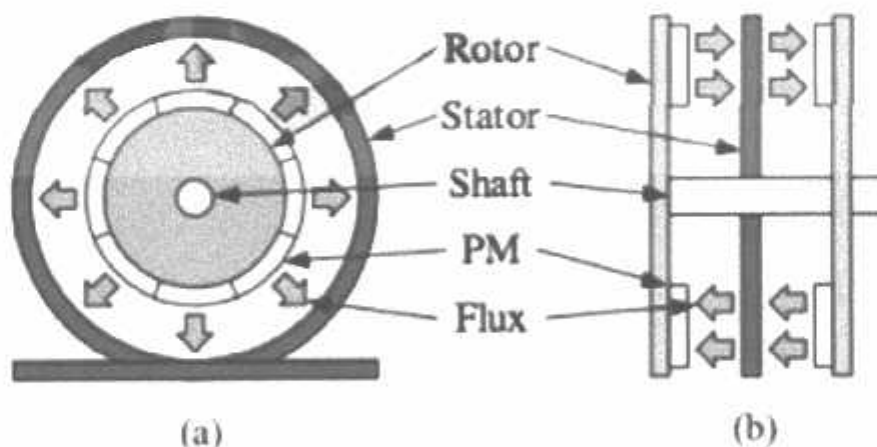
energi dari mekanik menjadi elektrik. pada generator fluks aksial lebar celah udara dapat berjumlah lebih dari satu tergantung dari tipe generator fluks aksial tersebut.

#### 2.4 Perbandingan Generator Magnet Permanen Aksial Dengan Generator Fluks Radial

Pada dasarnya perbedaan mendasar generator fluks aksial dengan radial terletak pada arah aliran fluks dan penggunaan magnet permanen pada rotor sebagai pembangkit medan magnet.

Pada generator fluks radial, fluks yang terbentuk oleh rotor baik itu melalui magnet permanen atau pencatutan arus searah agar memotong kumparan stator, akan tetapi lepas sebagai rugi-rugi pada generator sinkron.

Hal ini berbeda dengan generator fluks aksial yang arahnya fluksnya tegak lurus atau aksial ke kumparan stator sehingga fluks dapat lebih sempurna ditangkap oleh stator.



Gambar 2.8 Generator fluks radial (a) Generator fluks aksial (b)

(Sumber dari Arif Nurhadi Skripsi Universitas Diponegoro)

Penggunaan generator fluks radial mengharuskan konstruksinya menjadi lebih besar, berat, sehingga untuk implementasi pada sektor pembangkit tenaga angin hal ini kurang efektif. dengan berkembangnya teknologi

generator fluks aksial memungkinkan dimensi dan berat dari generator berkurang untuk daya dibangkitkan sama dengan efisiensi lebih baik.

## 2.5 Prinsip Kerja Generator Magnet Permanen Fluks Aksial

Prinsip kerja dari generator permanen fluks aksial pada dasarnya tidak jauh berbeda dengan prinsip kerja generator umumnya, perbedaannya adalah pada aliran fluks yang tegak lurus atau aksial dan penggunaan magnet permanen pada rotor.

Hubungan antara kecepatan putar dan frekuensi generator dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini :

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2.1)$$

Dimana  $n_s$  kecepatan putar generator (rpm), dengan  $f$  frekuensi (hz) dan jumlah kutub magnet ( $p$ ).

Generator dapat didesain untuk bekerja pada putaran tertentu dengan tegangan tertentu. Tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_{rms} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}} \quad (2.2)$$

Keterangan

$E_{rms}$  = Tegangan induksi (Volt)

$N$  = Jumlah lilitan per kumparan

$f$  = Frekwensi (Hz)

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

$N_s$  = Jumlah kumparan

$N_{ph}$  = Jumlah fasa

Fluks maksimum yang dihasilkan oleh are magnet

$$\Phi_{\max} = A_{\text{magn}} \cdot B_{\max} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$A_{\text{magn}}$  = Area magnet

$B_{\max}$  = Densitas fluks maksimum

Nilai kerapatan fluks maksimum

$$B_{\max} = B_r \cdot \frac{L_m}{L_m + \delta} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$B_r$  = Densitas fluks magnet

$L_m$  = tebal magnet

$\delta$  = Jarak antara rotor dengan stator

$$A_{\text{magn}} = \frac{\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2) - t_f (r_o - r_i) N_m}{N_m} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$A_{\text{magn}}$  = Area magnet

$B_{\max}$  = Densitas fluks maksimum

$r_o$  = Radius luar magnet

$r_i$  = Radius dalam magnet

$t_f$  = Jarak antar magnet

$N_m$  = Jumlah magnet

## 2.6 Tipe-Tipe Generator Magnet Permanen Aksial

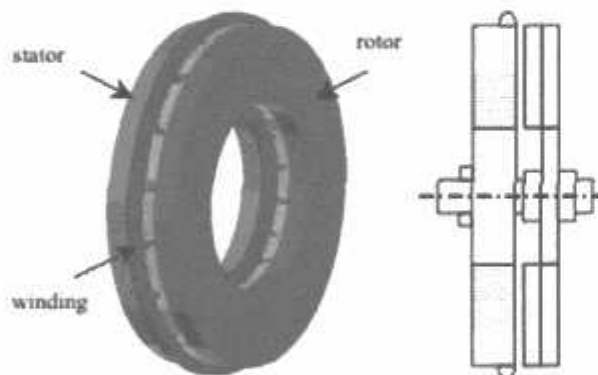
Untuk mendapatkan daya dan keluaran dan efisiensi generator yang diinginkan, generator fluks aksial dapat divariasikan dalam beberapa macam tipe yang dapat dikategorikan berdasarkan.

### 2.6.1 Berdasarkan Letak dan Jumlah Rotor dan Stator

Berdasarkan letak dan jumlah rotor dan stator, generator magnet permanen fluks aksial dapat dibedakan menjadi :

#### 1. Cakram Tunggal

Generator ini bisa digunakan pada torsi kecil dan biasanya sangat cocok digunakan pada turbin angin dimana kecepatan putarnya yang kecil. Generator ini terdiri dari sebuah rotor dan sebuah stator. Rotor pada generator ini terdiri dari sebuah piringan besi kuat yang terdapat magnet di permukaannya ataupun bisa ditanam didalam piringan besi tersebut.

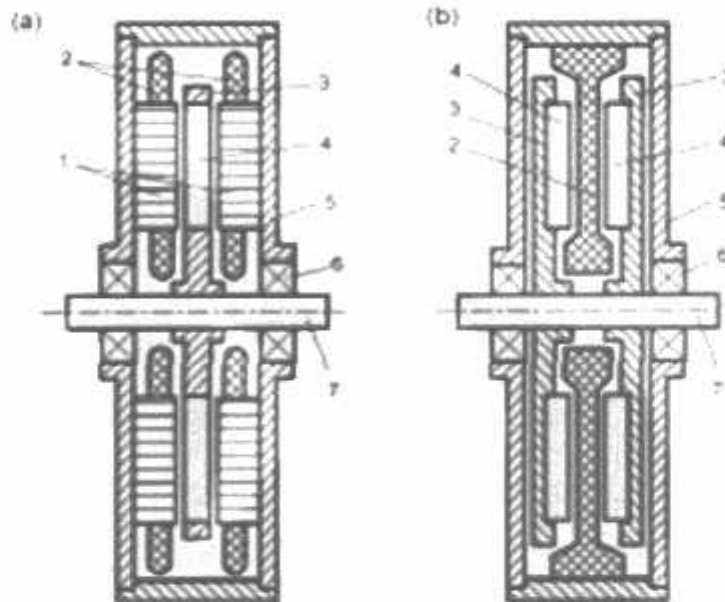


Gambar 2.9 Generator magnet permanen cakram tunggal

(Sumber gambar Akbar Maulana Skripsi Universitas Indonesia)

## 2. Cakram Ganda

Terdapat dua jenis generator magnet permanen aksial cakram ganda yaitu, generator fluks aksial rotor ganda dan stator tunggal (internal stator) dan generator magnet permanen fluks aksial stator ganda rotor tunggal (internal stator).



Gambar 2.10 Internal rotor (a), Internal stator (b)

## 3. Cakram Banyak

Pada tipe ini generator magnet permanen fluks aksial memiliki lebih dari dua buah stator dan dua buah rotor. generator ini didesain dengan alasan kebutuhan akan tenaga yang lebih besar, karena konstruksinya yang seperti beberapa generator cakram ganda yang dipasang paralel satu sama lain, generator tipe ini memiliki transfer panas yang kurang begitu baik jika dibandingkan dengan tipe-tipe generator sebelumnya.



Gambar 2.11 Generator cakram banyak

(Sumber gambar Akbar Maulana Skripsi Universitas Indonesia)

### 2.6.2 Berdasarkan Posisi Magnet Permanen Pada Rotor

#### 1. Posisi magnet permanen ditanam dipermukaan (surface mounted)

Magnet permanen dipasang dipermukaan cakram besi rotor. Hal ini menyebabkan celah udara efektif dari generator tersebut semakin besar, tetapi prosesnya cukup mudah.

#### 2. Posisi magnet permanen tertanam dalam cakram besi rotor (embedded)

Dengan posisi ini magnet permanen tersebut terlindungi dari gaya sentrifugal akibat putaran rotor. Sehingga tipe ini tepat digunakan untuk generator dengan kecepatan putar yang tinggi. Akan tetapi diperlukan proses pembuatan yang cukup rumit.

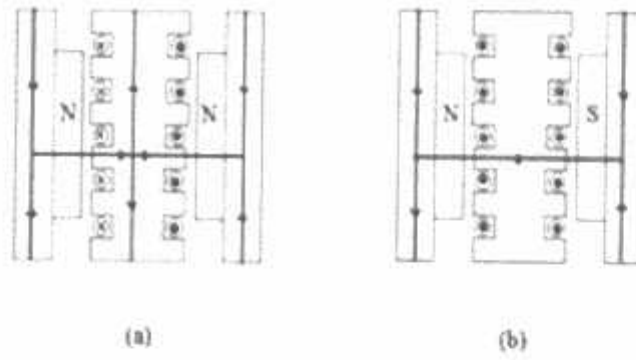
### 2.6.3 Berdasarkan Posisi Kutub Magnet Permanen Pada Rotor

#### 1. Tipe N-N atau Tipe S-S

Pasangan magnet permanen yang mendukung magnet permanen tersebut sama kutub seperti terlihat pada gambar dibawah ini

#### 2. Tipe N-S

Pasangan magnet permanen yang mendukung magnet tersebut beda kutub seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.12 Tipe N-N ( a ), Tipe N-S ( b )

(Sumber gambar Akbar Maulana Skripsi Universitas Indonesia)

#### 2.6.4 Berdasarkan Tipe Stator

1. Torus adalah tipe stator yang memiliki inti besi. dibedakan menjadi dua tipe, yaitu slotted dan non slotted.
2. Stator tanpa inti besi adalah tipe stator tanpa inti besi dibedakan menjadi dua tipe yaitu, overlapping dan non-overlapping.

## BAB III

### PERANCANGAN ALAT DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisa kebutuhan dalam pembuatan alat. Analisa kebutuhan ini ditujukan memberikan gambaran secara umum perancangan dan pembuatan alat. Hal ini guna untuk menunjang perancangan dan pembuatan alat, sehingga kebutuhan dalam pembuatan alat tersebut dapat kita ketahui. Kemudian hasil perancangan alat akan menjadi dasar untuk melakukan pembuatan alat sesuai kebutuhan sistem.

Dalam merancang alat ini terlebih dahulu dilakukan pembuatan desain dudukan rotor, desain stator, serta desain poros. Desain proses berguna untuk mengintegrasikan semua proses yang terjadi dalam aplikasi yang di buat. Desain data berguna untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan dalam proses yang akan dikerjakan sedangkan perancangan alat dengan kapasitas yang kita inginkan di butuhkan beberapa perhitungan seperti perhitungan dimensi magnet, dan data kerapatan fluks magnet tersebut sehingga kita dapat menghitung fluks magnet, serta perhitungan daya yang dihasilkan generator sehingga dapat mempermudah dalam pengerjaan pembuatan generator sesuai daya yang diinginkan.

Beberapa parameter yang dapat menentukan kapasitas daya generator yang diinginkan seperti, kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat.

#### **3.1. Tujuan Perancangan dan Pembuatan Alat**

Perancangan dan pembuatan sistem merupakan hal yang sangat penting dalam skripsi ini. Sebagai langkah awal dalam pembuatan alat dibutuhkan suatu perancangan terhadap segala komponen yang diperlukan dalam pembuatan alat, karena dengan perancangan tersebut diharapkan nantinya akan mendapatkan suatu alat yang baik dan siap untuk beroperasi seperti yang diharapkan.

Tujuan perancangan alat ini adalah untuk mempermudah menentukan jumlah kumparan pada stator dan serta ukuran diameter kawat tembaga yang akan digunakan, dan jumlah magnet yang akan digunakan.

### 3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dibuat adalah mengenai proses pembuatan stator dan pembuatan rotor, dimana proses pembuatan rotor akan dilakukan berdasarkan dimensi magnet permanen serta jumlah magnet permanen yang akan digunakan, dimana proses pembuatan stator akan dilakukan berdasarkan jumlah kumparan yang akan digunakan serta diameter kawat tembaga yang akan digunakan.

#### 3.2.1 Data Magnet

Magnet yang digunakan adalah magnet berjenis neodymium ndfeb berikut ini data-data magnet

Tabel 3.1 Data magnet neodymium ndfeb

Nomenclature of NdFeB grades

Material	Chinese Standard - commonly used globally, especially in EU					
	Minimum Values					
	Br		Hcb (Hc)		Hcj (Hci)	
	mT	G	kA/m	Oe	kA/m	mT
N27	1.030	10.300	796	10.000	955	12.000
N30	1.080	10.800	796	10.000	955	12.000
N33	1.130	11.300	836	10.500	955	12.000
N35	1.170	11.700	868	10.900	955	12.000
N38	1.220	12.200	899	11.300	955	12.000
N40	1.250	12.500	907	11.400	955	12.000

(Sumber dari [www.ndfeb-info.com/neodymium\\_grades.aspx](http://www.ndfeb-info.com/neodymium_grades.aspx))

Keterangan :

Br = Residual Induction

Hcb = Coercive Force

Hcj = Intrinsic Coercive Force

Magnet yang digunakan magnet neodymium ndfeb N35 dengan kerapan fluks sebesar 1,17 Tesla dengan panjang magnet 5 cm , lebar magnet 1,5 cm dan tebal magnet 6 mm. Data magnet ini nantinya menjadi acuan dalam pembuatan generator

### 3.2.2 Pengukuran Kecepatan Angin

Pengukuran kecepatan angin ini berguna mengetahui generator ini dirancang di kecepatan angin berapa baru bisa beroperasi. Pengambilan data kecepatan angin ini dilakukan selama 9 jam (08.00-17.00) untuk mengetahui karakteristik angin di ITN 2 lantai 4. Berikut hasil pengukuran kecepatan angin di ITN 2 lantai 4. Dari data diperoleh diketahui kecepatan angin rata-rata minimal 5 m/s, dengan kecepatan angin pada siang hari jam 13.30 maksimal 8 m/s. dan kecepatan angin minimal terjadi pada jam 08.00 pagi hari dengan kecepatan 1,2 m/s.

Tabel 3.2 Pengukuran angin

No	Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan putar rotor rata-rata (RPM)	
		N1	N2
1.	3 m/s	30	210
2.	3,5 m/s	43	300
3.	4 m/s	53,5	375
4.	5 m/s	55	385
5.	6 m/s	60	420
6.	8 m/s	72	500

Selanjutnya dari data pengukuran angin dengan perbandingan poli 1:7 dikecepatan angin 4 m/s yang dapat memutar dengan kecepatan putar 375 rpm dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kecepatan generator yang

akan didesain. Pengambilan kecepatan angin di kecepatan 4 m/s sebagai acuan dikarenakan rata-rata kecepatan angin 5 m/s sehingga sangat efektif generator akan bekerja.

### 3.2.3 Perencanaan Kecepatan Putaran

Perencanaan kecepatan putaran generator mengacu pada kecepatan angin sehingga sistem dapat beroperasi dengan efektif dari data angin kecepatan generator yang akan direncanakan sebesar 375 rpm sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot 50}{16}$$

$$n_s = 375 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan untuk mencapai kecepatan 375 rpm diperlukan jumlah kutub sebanyak 16 buah kutub magnet, selanjutnya setelah mengetahui jumlah kutub yang digunakan sehingga bisa mendesain dimensi rotor.

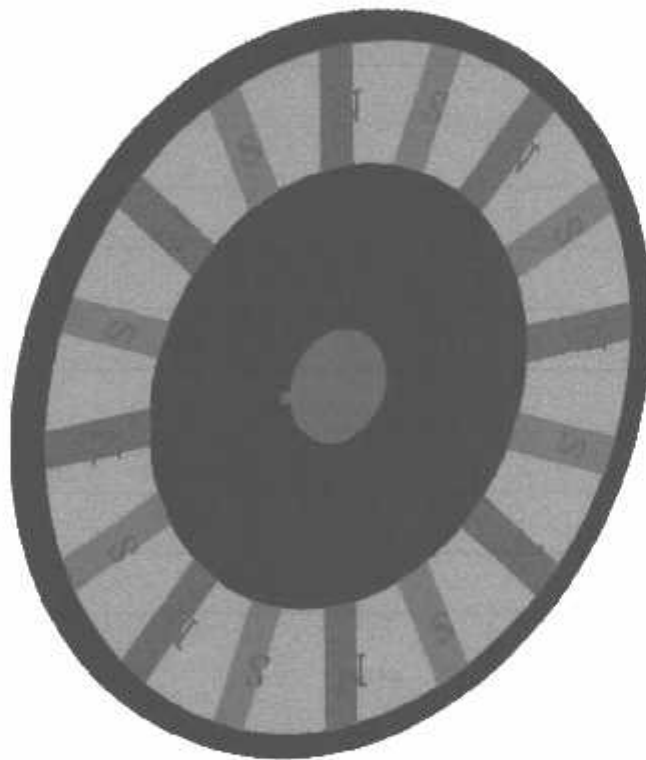
### 3.2.4 Demensi Rotor

Generator yang akan dibuat menggunakan satu buah rotor dan satu buah stator yang disebut cakram tunggal. Pada bagian rotor terdiri dari tiga bagian utama yaitu cetakan magnet rotor, magnet permanen danudukan magnet yang terbuat dari akrilick. Magnet permanen pada rotor ditanam pada akrilick sesuai dengan ketebalan magnet. Susunan magnet yang digunakan pada pada generator ini adalah N-S, dimana susunan magnet permanen berlawanan dengan arah kiri dan kanannya. Hal ini dikarenakan penyebaran fluks yang dihasilkan akan lebih rapat sehingga kumparan stator dapat menangkap fluks lebih efektif. Magnet permanen yang digunakan adalah Neodymium Br 1,17 Tesla.

Beberapa cara untuk meletakkan sudut kemiringan magnet permanen pada kedudukan sebagai berikut :

1. Buat mal berbentuk cakram dengan dimensi disesuaikan dengan kebutuhan jumlah magnet yang akan digunakan.
2. Mal berbentuk cakram tadi dengan  $360^\circ$  di bagi dengan jumlah magnet yang akan digunakan.
3. Sehingga akan dapat sudut kemiringan untuk peletakan magnet.
4. Dan juga kita akan mendapatkan jarak antar magnet yang sama.

Selanjutnya setelah mendapatkan data-data seperti jarak antar magnet, radius luar magnet dan radius dalam magnet, yang dimaksud dengan radius luar magnet adalah jarak dari titik poros ke bagian terluar magnet sedangkan radius dalam magnet adalah jarak dari titik poros ke pangkal magnet. Karena data-data tersebut salah satu faktor yang akan mempengaruhi keluran daya yang dirancang.



Gambar 3.1 Desain rotor

Desain rotor mempunyai diameter 30 cm dan magnet yang digunakan berjumlah 16 buah magnet, semakin banyak magnet yang di gunakan otomatis diameter rotor akan lebih lebar,dengan susunan magnet permanen N-S seperti yang terlihat pada gambar 3.1, selanjutnya dengan mengikuti beberapa cara seperti diatas kita akan mendapatkan data-data dari rotor sehingga dapat menghitung nilai kerapatan fluks maksimum ( $B_{max}$ ), luasan penyebaran magnet,dan menghitung nilai fluks yang dihasilkan oleh bidang rotor, desain rotor sangat diperlukan dengan tujuan untuk mempermudah dalam pembuatan atau realisasi pembuatan alat, rotor merupakan komponen vital dari generator yang terhubung langsung dengan poros generator yang berfungsi memutar rotor desain rotor ini juga sangat menentukan dalam perencanaan pembuatan generator,data-data spesifikasi generator dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data rotor

Nama	Keterangan	Ukuran
P	Panjang magnet	0,05 m
L	Lebar magnet	0,015 m
T	Tebal magnet	0,006 m
Tf	Jarak antar magnet	0,04 m
ri	Radius dalam magnet	0,09 m
ro	Radius luar magnet	0,14 m
Nm	Jumlah magnet	16 buah
Ndfcb	Jenis magnet	-
Br	Kerapatan fluks magnet	1,17 T
$\delta$	Celah udara	3 mm

Kerapatan fluks maksimum ( $B_{max}$ )

$$B_{max} = Br \cdot \frac{L_m}{L_m + \delta}$$

$$B_{max} = 1,17 \cdot \frac{0,006}{0,006 + 0,003}$$

$$B_{max} = 0,78 \text{ Tesla}$$

Luasan area magnet

$$A_{\text{magn}} = \frac{\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2) - t_f (r_o - r_i) N_m}{N_m}$$

$$A_{\text{magn}} = \frac{3,14 \cdot (0,14^2 - 0,09^2) - 0,04 (0,14 - 0,09) 16}{16}$$

$$A_{\text{magn}} = 2,57 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Fluks maksimum yang dihasilkan

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{max}} &= A_{\text{magn}} \cdot B_{\text{max}} \\ &= 2,57 \times 10^{-4} \cdot 0,78 \\ &= 2,003 \times 10^{-4} : 2 \\ &= 1,0015 \times 10^{-4} \text{ webber} \end{aligned}$$

### 3.2.5 Perencanaan Tegangan Keluaran Generator

Beberapa faktor yang mempengaruhi tegangan keluaran generator antara lain seperti fluks maksimum yang dihasilkan, jumlah lilitan, jumlah kumparan, yang dapat dihitung tegangan keluaran generator.

Tegangan induksi yang dihasilkan generator dapat dihitung melalui persamaan berikut ini :

$$E_{\text{rms}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{\text{max}} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}}$$

$$E_{\text{rms}} = \frac{2,3,14}{\sqrt{2}} \cdot 100 \cdot 50 \cdot 1,0015 \times 10^{-4} \cdot \frac{16}{1}$$

$$E_{\text{rms}} = 4,44 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 1,0015 \times 10^{-4} \cdot 16$$

$$E_{\text{rms}} = 35,5 \text{ V}$$

Hubungan frekuensi dengan kecepatan putar generator dan tegangan

$$f = \frac{n \cdot p}{120}$$

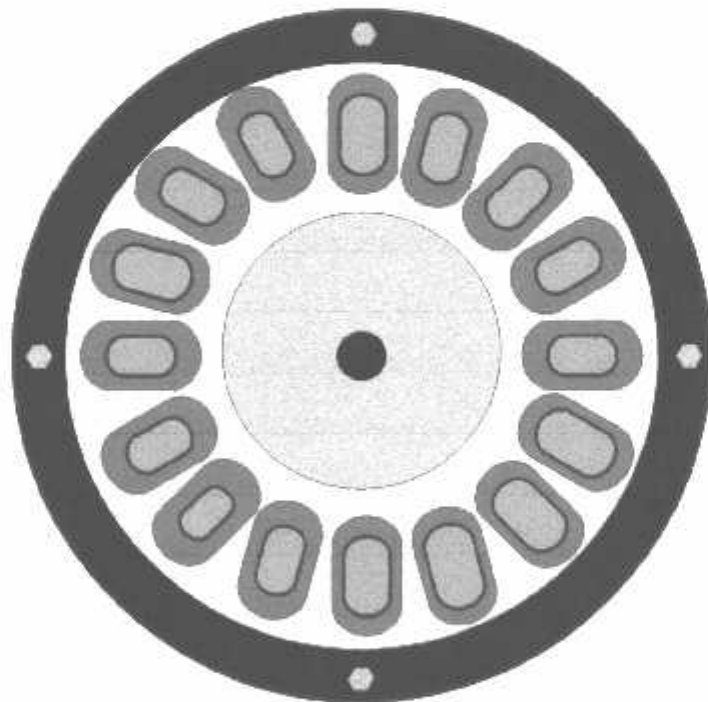
$$f = \frac{375 \cdot 16}{120}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Untuk mencapai tegangan keluaran generator 35,5 volt banyak faktor yang mempengaruhi seperti jumlah lilitan, jumlah kumparan, kuat fluks magnet dan frekuensi.

### 3.2.6 Desain Stator

Stator yang direncanakan memiliki enam belas kumparan hal ini mengikuti jumlah magnet yang digunakan hal ini mempertimbangkan sapuan fluks magnet akan lebih efektif ditangkap oleh kumparan stator. Kumparan-kumparan tersebut semuanya disusun seri dikarenakan generator magnet permanen yang akan dibuat hanya dengan keluaran satu fasa saja, sedangkan jenis kawat tembaga email yang direncanakan dipakai berjenis F class dengan diameter kawat tembaga email 0,8 mm. Dengan lebar dari perkumparan stator mempertimbangkan posisi jarak antar magnet rotor hal ini dikarenakan agar kumparan stator dapat menangkap fluks magnet yang dihasilkan rotor dengan baik, berikut gambar desain stator.



Gambar 3.2 Desain stator

Setiap kumparan seperti pada gambar 3.3 nantinya akan disusun seri semuanya dikarenakan desain generator magnet permanen yang akan dibuat nantinya dengan keluaran satu fasa, diameter stator tiga puluh tujuh

centimeter dan diameter peletakan kumparan stator tiga puluh centimeter dikarenakan mengikuti dimensi rotor sehingga stator dalam menangkap fluks magnet yang dihasilkan rotor lebih merata, setiap kumparan didesain dengan jumlah lilitan sebanyak 100 lilitan ini mempertimbangkan hasil perhitungan tegangan yang akan dibangkitkan generator.

Tabel 3.4 Data desain stator

Nama	Keterangan	Ukuran
F Class	Kawat tembaga email	-
	Dimeter kawat	0,8 mm
N	Jumlah lilitan	100 lilitan
Ns	Jumlah kumparan	16 buah
Nph	Jumlah fasa	1 fasa

### 3.2.7 Celah Udara

Celah udara didefinisikan sebagai ruang antara rotor dan stator atau jarak antara rotor dan stator setelah proses penyatuan seluruh bagian generator. Celah udara didesain 3 mm ini mempertimbangkan proses penggabungan seluruh elemen generator nantinya cukup sulit jika terlalu sempit.

### 3.2.8 Data Spesifikasi Desain Generator

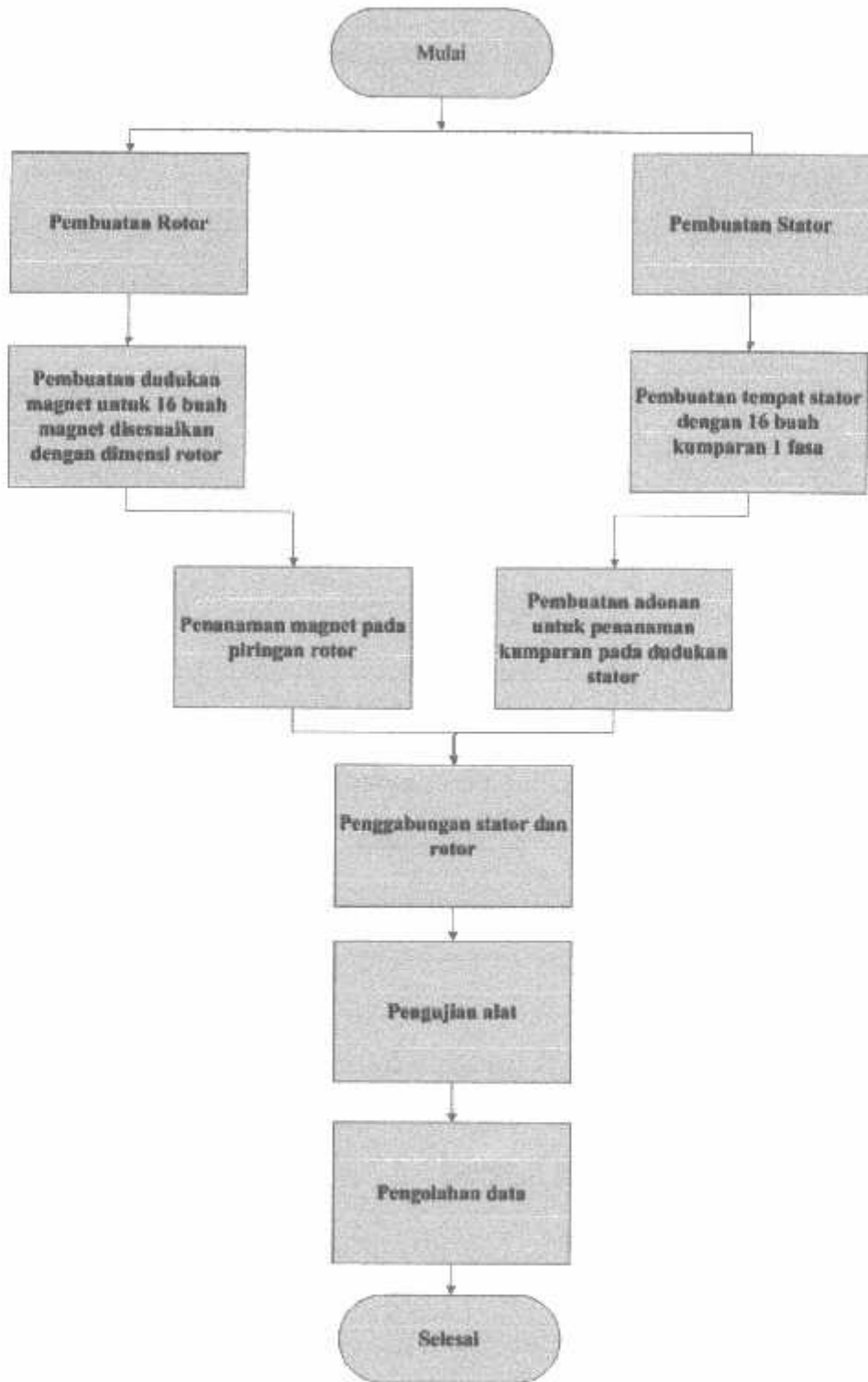
Data spesifikasi desain generator ini didapat dari sisi desain rotor dan dari sisi desain generator, yang nantinya sangat diperlukan untuk mengetahui daya keluaran generator melalui proses perhitungan sesuai dengan rumus-rumus didasar teori. data-data keseluruhan desain generator yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 data spesifikasi desain generator

Nama	Keterangan	Ukuran
P	Panjang magnet	0,05 M
L	Lebar magnet	0,015 M
T	Tebal magnet	0,006 M
Tf	Jarak antar magnet	0,04 M
ri	Radius dalam magnet	0,09 M
ro	Radius luar magnet	0,14 M
Nm	Jumlah magnet	16 buah
Ndfeb	Jenis magnet	-
Br	Kerapatan fluks magnet	1,17 T
$\delta$	Celah udara	3 Mm
Nama	Keterangan	Ukuran
F Class	Kawat tembaga email	-
	Dimeter kawat	0,8 mm
N	Jumlah lilitan	100 lilitan
Ns	Jumlah kumparan	16 buah
Nph	Jumlah fasa	1 fasa

### 3.3 Diagram Alir Pembuatan Generator

Berikut ini adalah diagram alir dari pembuatan generator magnet permanen cakram tunggal 1 fasa



Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan generator

### 3.4 Pembuatan Rotor

Dalam proses pembuatan rotor ini terdapat beberapa bagian penting diantaranya yaitu membuat piringan seperti cakram berdiameter sesuai dengan desain, membuat dudukan magnet sesuai dengan dimensi magnet yang telah direncanakan.

#### 3.4.1 Pembuatan Dudukan Magnet

Proses pembuatan dudukan magnet ini memegang peranan penting karena dudukan karena dudukan rotor yang akan dijadikan cetakan untuk menanam magnet permanen.

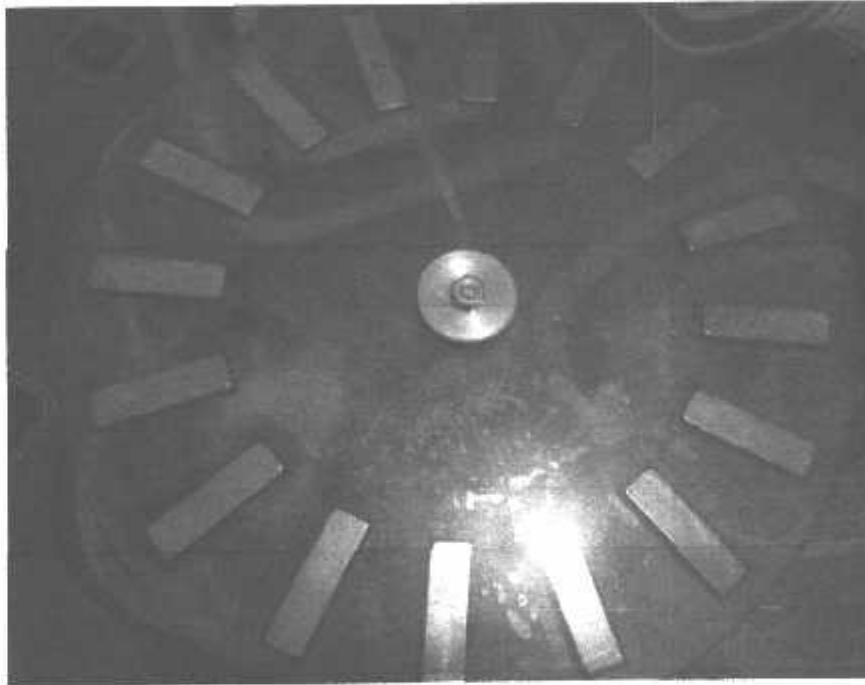
Tabel 3.6 Geometri Ukuran Rotor

Nama	Keterangan	Ukuran
P	Panjang magnet	0,05 m
L	Lebar magnet	0,015 m
T	Tebal magnet	0,006 m
Tf	Jarak antar magnet	0,04 m
Nm	Jumlah magnet	16 buah
°	Peletakan sudut magnet	22,5°
r	Jari-jari rotor	0,15 m
Tr	Tebal stator	0,009 m

Selanjutnya setelah kita mengikuti desain dalam membuat rotor. Pada bagian ini bahan yang digunakan adalah akrilik berbentuk cakram dengan ketebalan akrilik 6 mm ini mengikuti ketebalan magnet permanen yang akan digunakan, selanjutnya akrilik dengan diameter 30 cm dan tebal 6 mm tersebut kita laser berbentuk balok sebanyak 16 buah ini mengikuti magnet permanen yang berbentuk balok sebanyak 16 buah dengan sudut peletakan sesuai desain 22,5° sehingga menghasilkan jarak antar magnet 4 cm secara sama antar magnet yang satu dengan magnet yang lain, selanjutnya kita persiapan akrilik dengan diameter yang sama dengan tebal 3 mm.

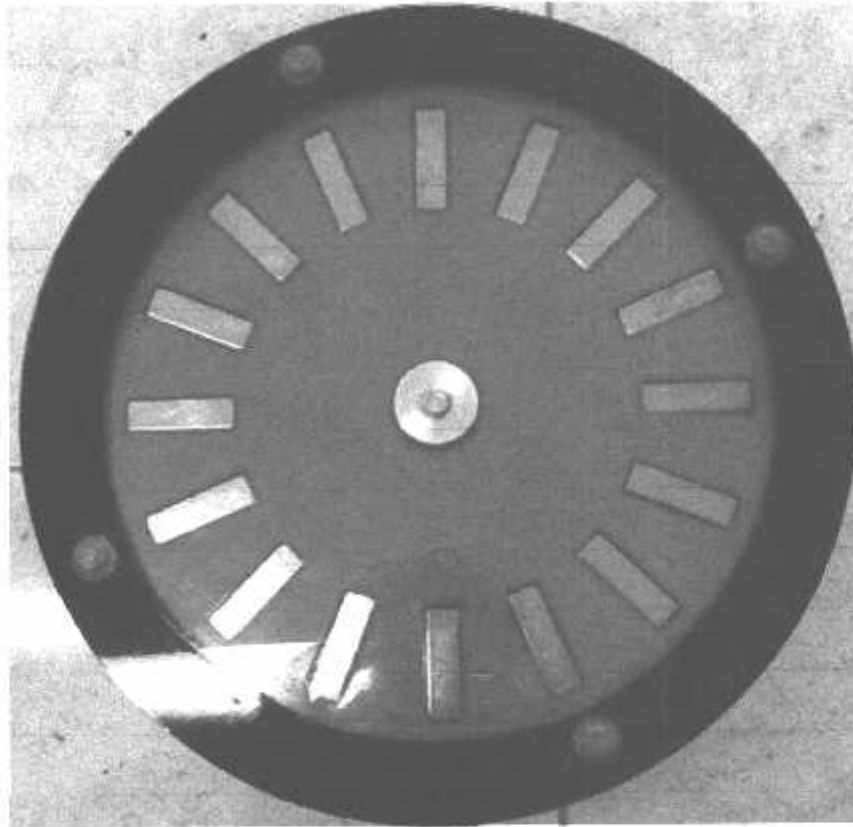
### 3.4.2 Peroses Penanaman Magnet Permanen

Setelah dudukan magnet selesai dibuat, selanjutnya kita menyatukan akrilick berbentuk cakram yang tebalnya 3 mm tadi dengan dudukan magnet cara penyatuannya, dengan adonan resim dicampur dengan katalis adonan tersebut berfungsi sebagai perekat sehingga kokoh, selanjutnya kita meletakkan enam belas buah magnet pada dudukan magnet yang sudah disatukan dengan akrilick.



Gambar 3.4 Gambar rotor dengan bahan akrilik

Gambar 3.4 rotor dengan magnet permanen berjumlah enam belas buah ditanam pada akrilick ini berdasarkan desain. Untuk memperindah rotor baiknya dilakukan pengecatan sehingga dengan jelas magnet permanen yang ditanam dapat kelihatan.

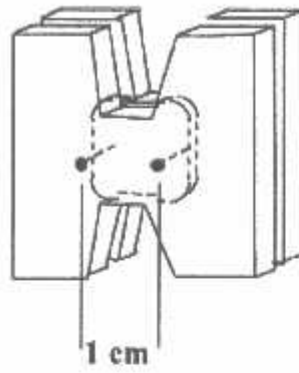


Gambar 3.5 Rotor Magnet Permanen

### 3.5 Pembuatan Stator

Dalam pembuatan stator pertama-tama kita harus membuat lilitan stator, pembuatan lilitan pada stator harus menyesuaikan oleh dimensi stator karena pada stator terdapat enambelas kumparan, sehingga harus membuat ukuran dari masing-masing kumparan, jumlah lilitan perkumparan yang akan dibuat masing-masing 50 lilitan. Setelah ukuran dari masing-masing kumparan, kita menyesuaikan ukuran mal terhadap kumparan. Mal adalah alat yang digunakan dalam proses melilit kumparan stator agar berbentuk elips yang rapi dan kuat sehingga ukuran dari lilitan tersebut sesuai dengan stator.

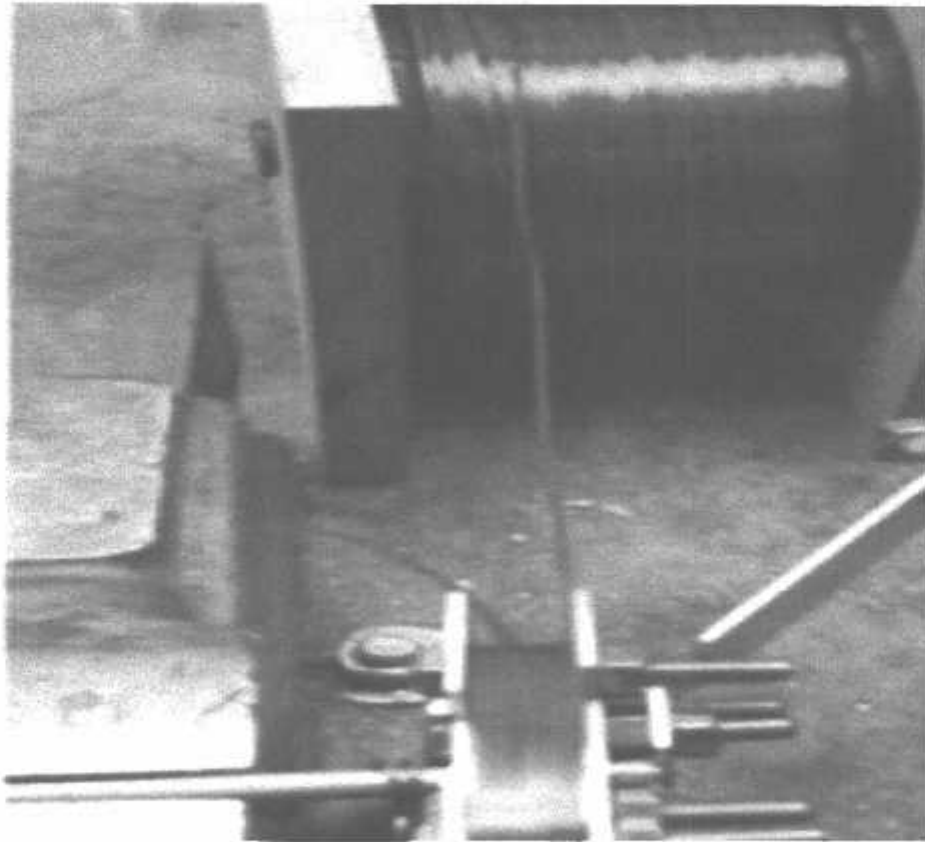
Beberapa item penting dalam membuat stator seperti lilitan kumparan, alat lilitan, wadah kumparan, dan yang terakhir pengecoran kumparan.



Gambar 3.6 Desain mal

### 3.5.1 Melilit Kumparan

Setelah membuat ukuran mal kita melilit kumparan stator menggunakan alat lilit kumparan.



Gambar 3.7 Melilit kumparan

Berikut proses dalam melilit

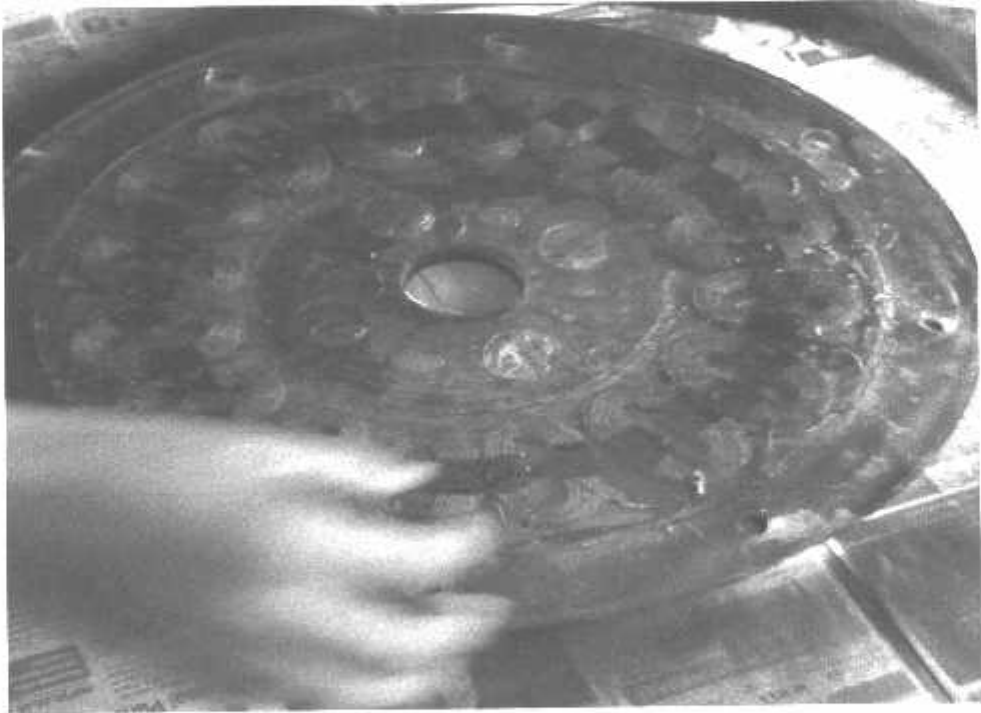
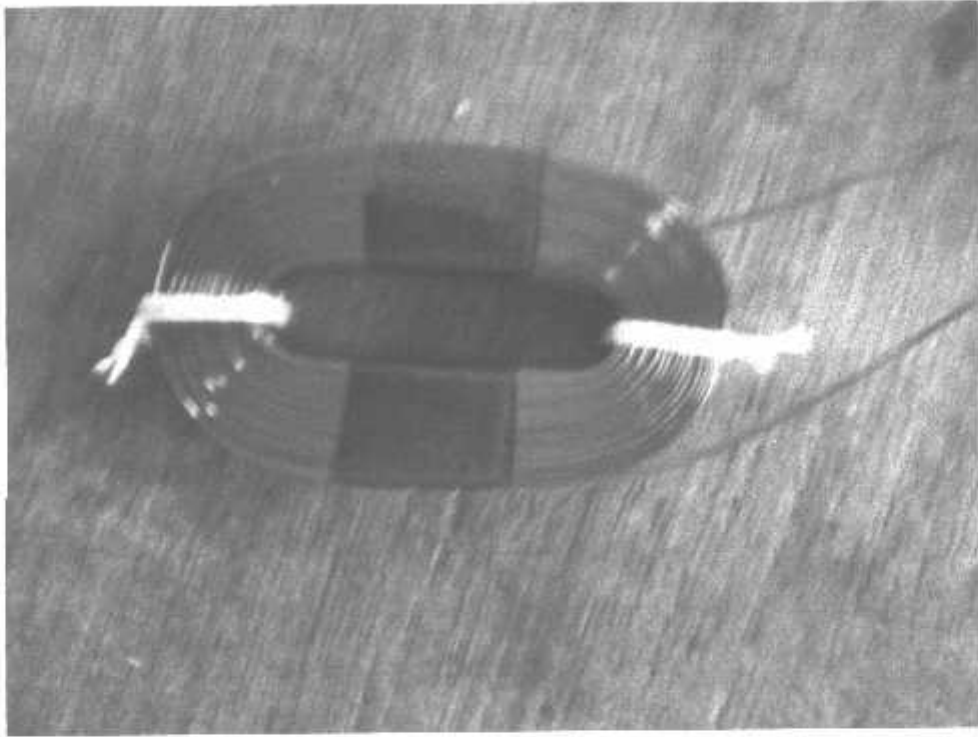
1. Siapkan kawat tembaga mail dan peralatan melilit
2. Atur tat letak mal dan kawat tembaga sepresisi mungkin agar kumparan rapih tidak tebal sebelah atau tidak rata.
3. Mulai memutar lilitan sampai target selesai

### **3.5.2 Penyusunan Kumparan**

Setelah kumparan selesai dililit, kumparan stator tersebut diletakan dan disusun berdasarkan posisi magnet sepresisi mungkin. Kumparan-kumparan tersebut disusun dan hubungkan seri semuanya agar mendapatkan keluaran satu fasa sesuai dengan desain awal.

Selanjutnya setelah semua selesai dihubungkan sekarang masuk tahap pengecoran, beberapa item penting dalam proses pengecoran sebagai berikut :

1. Siapkan adonan polyster resin sebanyak 700 gram dicampur dengan catalyst sebanyak 14 gram.
  2. Aduk adonan sampai merata.
  3. Tuangkan adonan pada kumparan secara perlahan dan harus merata.
  4. Setelah itu tunggu sampai beberapa jam agar stator benar-benar kering.
  5. Pastikan stator rata dengan baik.
  6. Buat lubang-lubang ditepi stator sebanyak delapan buah.
-

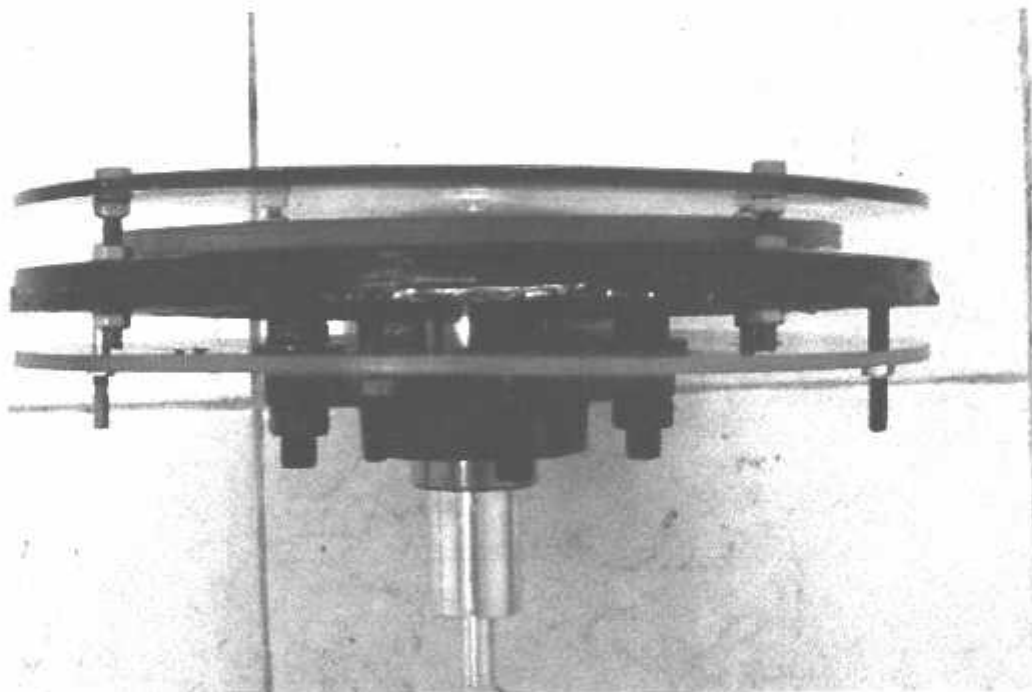


Gambar 3.8 Stator setelah pengecoran

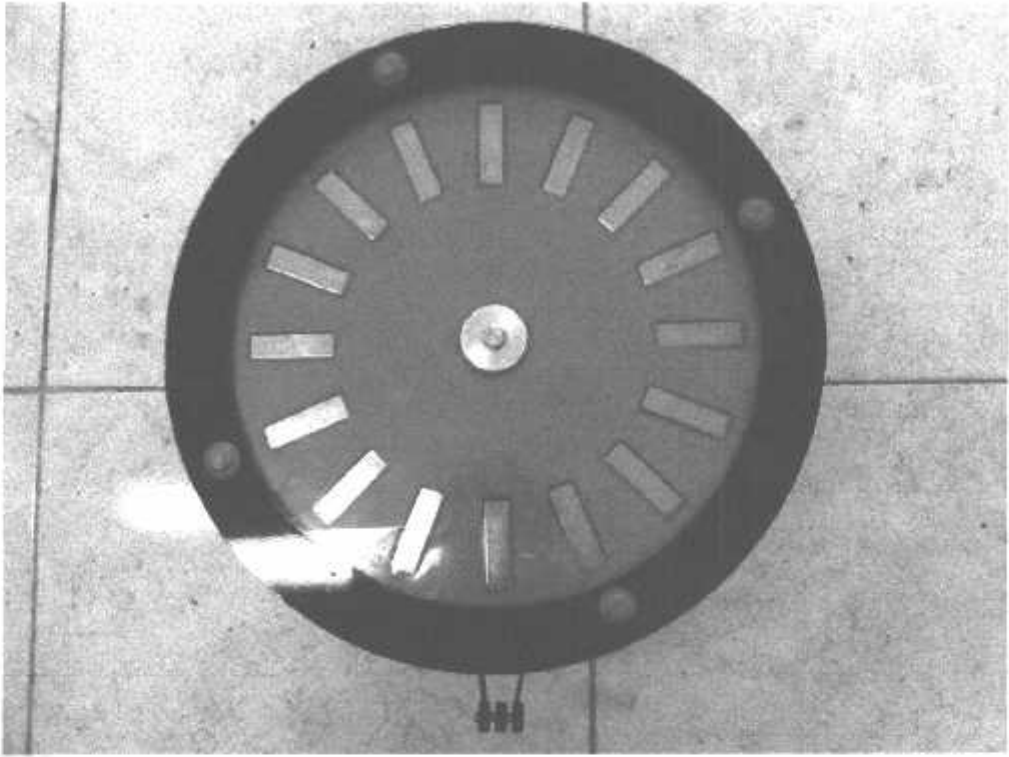
### 3.6 Tahap Penggabungan Rotor dan Stator

Pada tahap adalah penggabung seluruh komponen antara rotor dan stator pada tahap ini perlu diperhatikan beberapa hal

1. sediakan piringan cakram yang terpadu dengan sebuah bearing laker dengan ukuran selebar stator.
2. lakukan pengeboran sepresisi mungkin dengan lubang pada stator
3. gabungkan stator dengan piringan cakram yang terpadu dengan bearing laker, kunci dengan kuat.
4. setelah itu gabungkan rotor dan stator atur jarak celah udara antara rotor dan stator 3 mm sesuai dengan desain awal.
5. kunci dengan kuat semua komponen agar pada waktu pengujian tidak terjadi getaran pada kontruksi generator.



Gambar 3.9 Penggabungan Rotor dan Stator



Gambar 3.10 Generator tampak sisi depan

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai pengujian generator magnet permanen . Selain itu dari hasil uji coba yang telah dilakukan akan dianalisa apakah rancangan ini dapat memenuhi tujuan yang akan di capai seperti yang telah dijelaskan pada Bab I.

#### 4.1 Peralatan Pengujian

Pengujian generator dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik listrik yang dihasilkan generator berupa tegangan, arus daya dan torsi. Jenis peralatan uji dan prosedur pengujian dapat dijelaskan sebagai berikut. peralatan uji yang digunakan meliputi :

- a. Motor listrik berfungsi sebagai penggerak utama yang porosnya dihubungkan dengan poros generator.
- b. Torsimeter yang berfungsi untuk mengukur besarnya torsi yang dihasilkan generator.
- c. Tachometer yang berfungsi untuk mengukur kecepatan putar generator.
- d. Avometer yang berfungsi sebagai alat ukur tegangan dan arus.
- e. Bola lampu berfungsi sebagai beban.

#### 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan

Dari generator yang dibuat diperoleh data spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 sebagai berikut

Tabel 4.1 Data spesifikasi Generator

Lambang	Keterangan	Nilai
P	Panjang magnet	0,05 M
L	Lebar magnet	0,015 M
T	Tebal magnet	0,006 M
Tf	Jarak antar magnet	0,04 M
ri	Radius dalam magnet	0,09 M

ro	Radius luar magnet	0,14 M
Nm	Jumlah magnet	16 buah
Br	Kerapatan fluks magnet	1,17 T
$\delta$	Celah udara	3 Mm
	Dimeter kawat	0,8 mm
N	Jumlah lilitan	100 lilitan
Ns	Jumlah kumparan	16 buah
Nph	Jumlah fasa	1 fasa

Kerapatan fluks maksimum ( $B_{max}$ )

$$B_{max} = Br \cdot \frac{L_m}{L_m + \delta}$$

$$B_{max} = 1,17 \cdot \frac{0,006}{0,006 + 0,003}$$

$$B_{max} = 0,78 \text{ Tesla}$$

Luasan area magnet

$$A_{magn} = \frac{\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2) - t_f (r_o - r_i) N_m}{N_m}$$

$$A_{magn} = \frac{3,14 \cdot (0,14^2 - 0,09^2) - 0,04 (0,14 - 0,09) 16}{16}$$

$$A_{magn} = 2,57 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Fluks maksimum yang dihasilkan

$$\begin{aligned} \Phi_{max} &= A_{magn} \cdot B_{max} \\ &= 2,57 \times 10^{-4} \cdot 0,78 \\ &= 2,003 \times 10^{-4} : 2 \\ &= 1,0015 \times 10^{-4} \text{ webber} \end{aligned}$$

Hubungan kecepatan putar dan frekuensi

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot 50}{16}$$

$$n_s = 375 \text{ rpm}$$

Hubungan frekuensi dengan kecepatan putar generator

$$f = \frac{n \cdot p}{120}$$

$$f = \frac{375 \cdot 16}{120}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Tegangan induksi yang dihasilkan generator dapat dihitung melalui persamaan berikut ini :

$$E_{rms} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}}$$

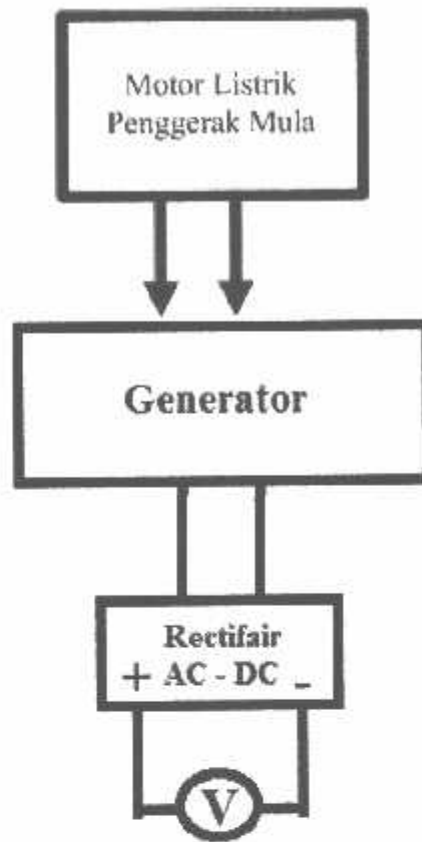
$$E_{rms} = \frac{2,3,14}{\sqrt{2}} \cdot 100 \cdot 50 \cdot 1,0015 \times 10^{-4} \cdot \frac{16}{1}$$

$$E_{rms} = 4,44 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 1,0015 \times 10^{-4} \cdot 16$$

$$E_{rms} = 35,5 \text{ V}$$

### 4.3 Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan untuk mendapatkan data hubungan antara tegangan AC, tegangan DC yang dihasilkan generator terhadap putaran. Pada pengujian ini dilakukan variasi tegangan terhadap putaran generator, prosedur pengujian pertama-tama merangkai seluruh komponen yang dibutuhkan.

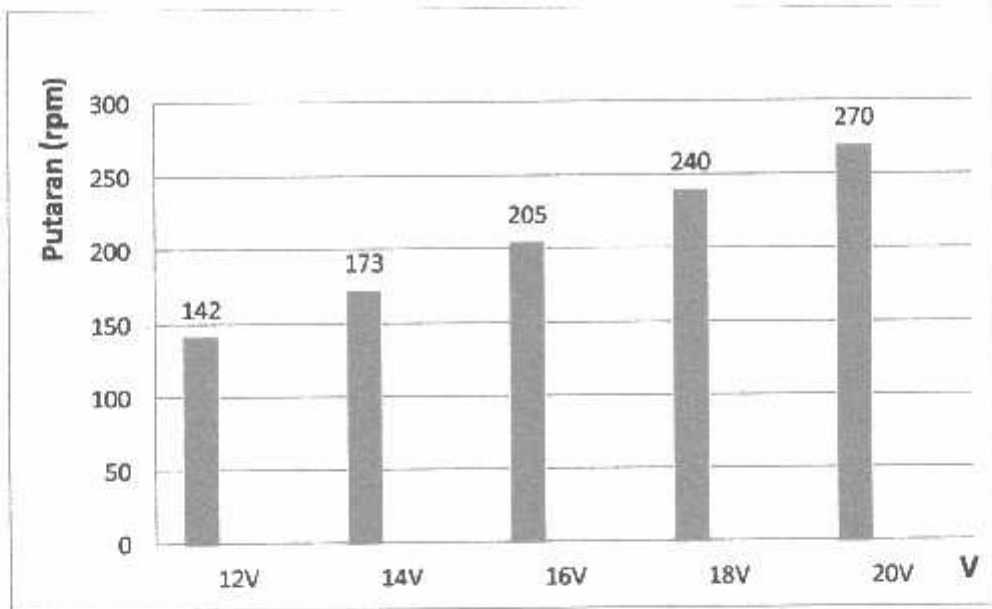


Gambar 4.1 Blok diagram pengujian generator tanpa beban

Tabel 4.2 Data pengujian tanpa beban

NO	Putaran Generator (RPM)	Tegangan Keluaran VAC
1	142	12
2	173	14
3	205	16
4	240	18
5	270	20
6	375	28,7

Tabel 4.2 dapat digambarkan grafik hubungan antara putaran generator dan tegangan keluaran terlihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik hubungan pengaruh putaran terhadap tegangan tanpa beban

Dari gambar 4.1 menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara putaran yang dihasilkan generator magnet permanen dengan keluaran tegangan yang dibangkitkan generator. Semakin besar putaran generator maka semakin besar pula tegangan yang dibangkitkan generator, penambahan tegangan 2 sampai 3 volt setiap penambahan putaran 20 sampai 40 rpm.

Dari hasil pengujian generator 1 fasa yang dikopel dengan motor listrik sebagai penggerak mula didapat hasil keluaran tegangan generator pada putaran 375 rpm adalah 28.7 volt. Sedangkan dari hasil perhitungan seharusnya generator magnet permanen dengan kecepatan putaran 375 rpm menghasilkan tegangan 35 volt, ini menunjukkan perbedaan antara perhitungan dan pengukuran pada generator magnet permanen yang sudah dibuat, terlihat pada tabel 4.3

$$\begin{aligned}
 &= \frac{V_{\text{perhitungan}} - V_{\text{pengukuran}}}{V_{\text{perhitungan}}} \cdot 100 \% \\
 &= \frac{35,5 - 28,7}{35,5} \cdot 100 \% \\
 &= 19,2 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil perbandingan perhitungan dan pengukuran

Tegangan hasil perhitungan (V)	Tegangan hasil pengujian (V)	Presentase (%)
35,5	28,7	80,8

Dari hasil perhitungan dan hasil pengukuran terdapat perbedaan, hal ini terjadi karena beberapa faktor, faktor akurasi perakitan, pengukuran, alat ukur dan kondisi tidak ideal.

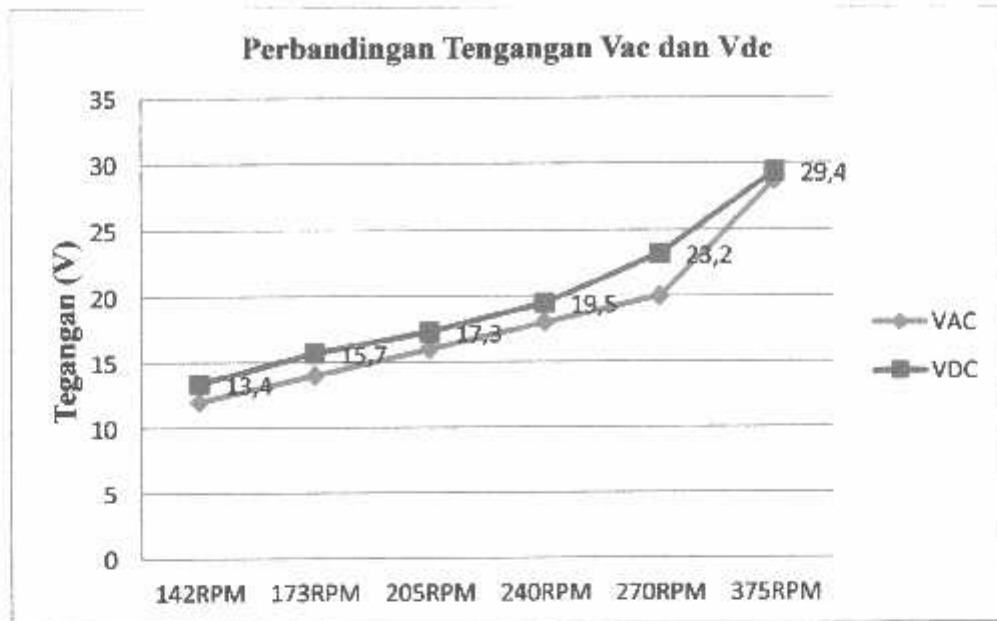
#### 4.3.1 Pengujian Tanpa Beban Dengan Penyearah

Pengujian ini dilakukan terhadap tegangan masukan penyearah yaitu tegangan keluaran yang dihasilkan generator berupa tegangan AC, dan tegangan keluaran penyearah yaitu tegangan DC. Dilakukan dengan variasi tegangan keluaran generator tanpa beban sebagai tegangan masukan penyearah.

Tabel 4.4 Data pengujian tanpa beban dengan penyearah

No	Kecepatan Putaran (RPM)	Tegangan	
		VAC	VDC
1	142	12	13,4
2	173	14	15,7
3	205	16	17,3
4	240	18	19,5
5	270	20	23,21
6	375	28,7	29,5

Tabel 4.4 tegangan keluaran generator AC sebagai tegangan masukan penyearah. Tegangan keluaran dari penyearah lebih besar dari pada tegangan masukan dari penyearah, hal ini disebabkan penyearah mengambil titik puncak tegangan .

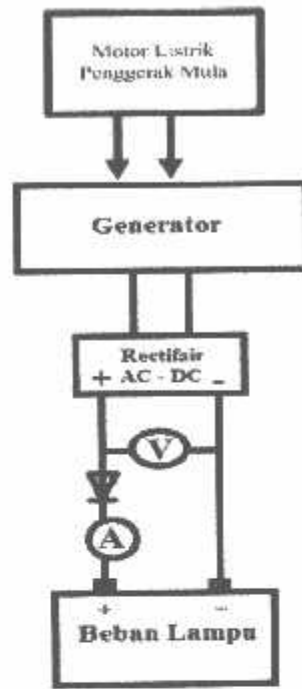


Gambar 4.3 Grafik percobaan tanpa beban dengan penyearah

Tegangan keluaran penyearah lebih besar dengan tegangan masukan penyearah, hal ini mengambil titik puncak tegangan. Dari gambar grafik 4.2 menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara putaran yang dihasilkan generator magnet permanen dengan keluaran tegangan yang dibangkitkan generator. Semakin besar putaran generator maka semakin besar pula tegangan yang dibangkitkan generator.

#### 4.3.2 Pengujian Berbeban

Pengujian berbeban, pada pengujian ini beban yang diberikan adalah beban 105 watt terdiri dari 3 bola lampu dengan tegangan kerja 12 volt dc dengan variasi kecepatan generator maka dihasilkan tegangan saat berbeban, arus, dan daya. Prosedur pengujian berbeban merangkai semua komponen seperti pada gambar 4.4



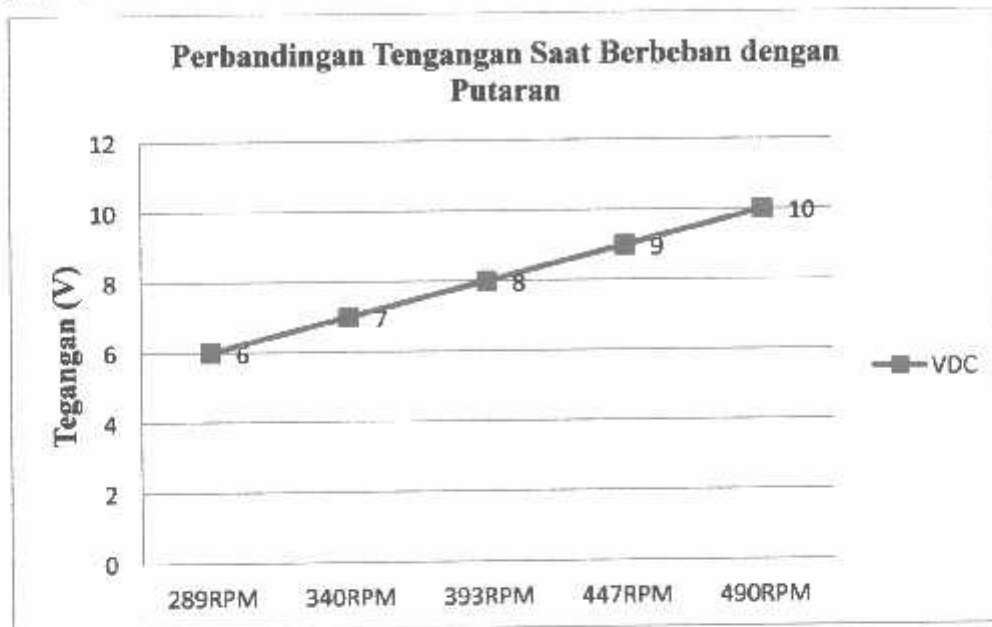
Gambar 4.4 Diagram pengujian berbeban

Tabel 4.6 Pengujian berbeban 3 bola lampu 35 watt 12 volt

NO	Kecepatan putaran (RPM)	Tegangan VDC	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	289	6	3,4	20,4
2	340	7	4,3	30,1
3	393	8	5,2	41,6
4	447	9	5,9	53,1
5	490	10	6,2	62

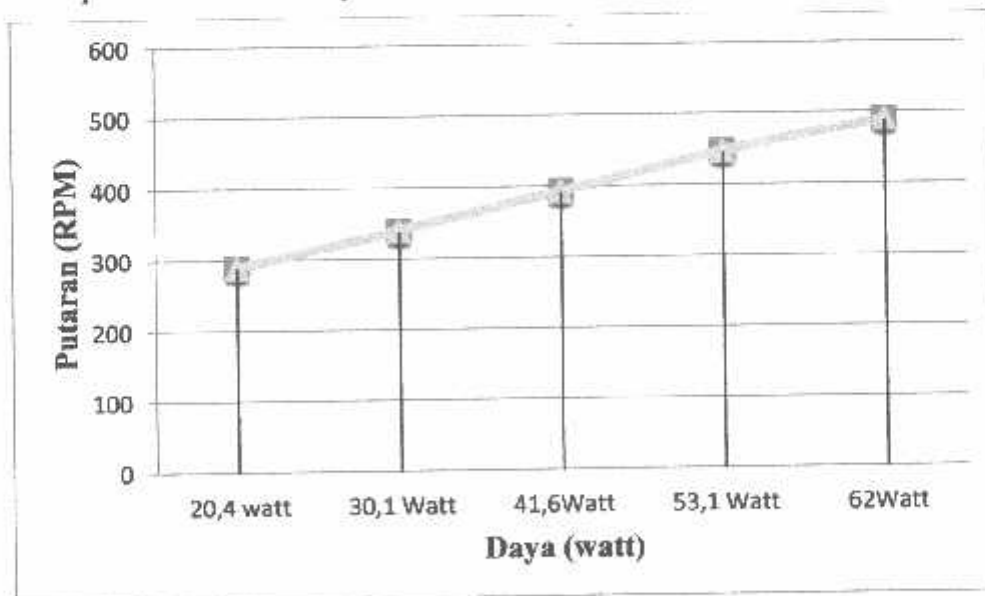
Semakin cepat putaran generator semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan ini berlaku pada pengujian berbeban dan tidak berbeban, pada generator berbeban kecepatan generator menurun dan tegangan juga ikut menurun hal ini disebabkan tegangan ditarik arus, sehingga semakin besar arus semakin kecil pula tegangan atau sebaliknya, hal ini tidak berlaku

terhadap generator yang tidak berbeban dikarenakan pada generator tidak berbeban arus yang mengalir sama dengan nol. Karena sifat arus tergantung pada beban.



Gambar 4.5 Hubungan putaran dan tegangan

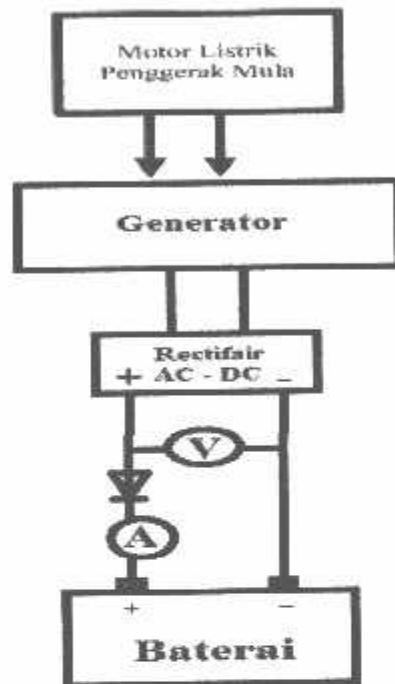
Pada pengujian beban lampu dengan tiga bola lampu 35 watt dan tegangan kerja maksimal 12 volt didapat kesimpulan semakin besar kecepatan putaran semakin besar pula tegangan dan arus, sehingga daya keluarannya menjadi besar pula. Berikut hubungan daya terhadap kecepatan putaran generator.



Gambar 4.6 Hubungan putaran generator dengan daya

#### 4.4 Pengujian Dengan Akumulator

Dilakukan pengujian tegangan keluaran dengan akumulator terhadap generator. Tegangan keluaran generator magnet permanen merupakan tegangan AC yang kemudian disearahkan menggunakan penyearah. Akumulator yang digunakan adalah 12 volt 75 Ah.



Gambar 4.7 Blok diagram percobaan pengisian akumulator

Tabel 4.7 Data pengujian akumulator

NO	Tegangan		Kecepatan putaran (RPM)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
	VAC	VDC			
1	13,8	13,4	250	2,5	33,5
2	14,4	13,9	375	4,4	61,16
3	15	14,2	500	6,3	89,4

Dari data pengujian akumulator pada kecepatan 250 rpm generator menghasilkan tegangan 13,8 Vac setelah melalui penyearah menghasilkan

tegangan 13,4 Vdc. Sehingga pada kecepatan 250 rpm generator sudah bisa mengisi akumulator dengan tegangan 13,4 Vdc dan arus 2,5 amper.

Sehingga dapat dihitung lamanya waktu pengisian akumulator 12 volt 75 ah pada putaran 250 rpm dengan arus 2,5 amper

$$= \frac{75\text{ah}}{2,5}$$

$$= 30 \text{ jam}$$

Pada putaran 365 rpm dengan arus 4,4 amper

$$= \frac{75\text{ah}}{4,4}$$

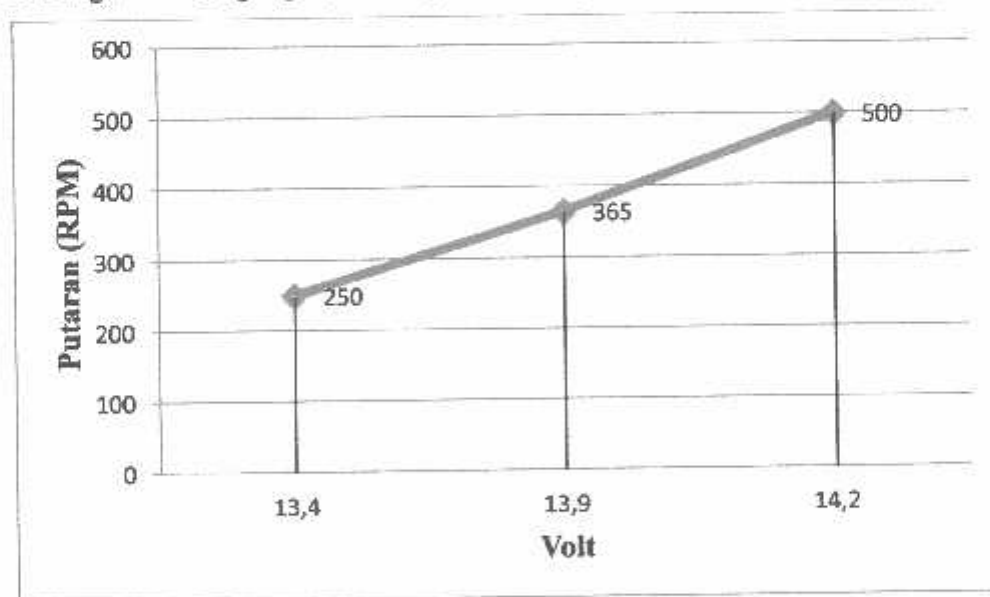
$$= 17,04 \text{ jam}$$

Pada putaran 402 rpm dengan arus 6,3 amper

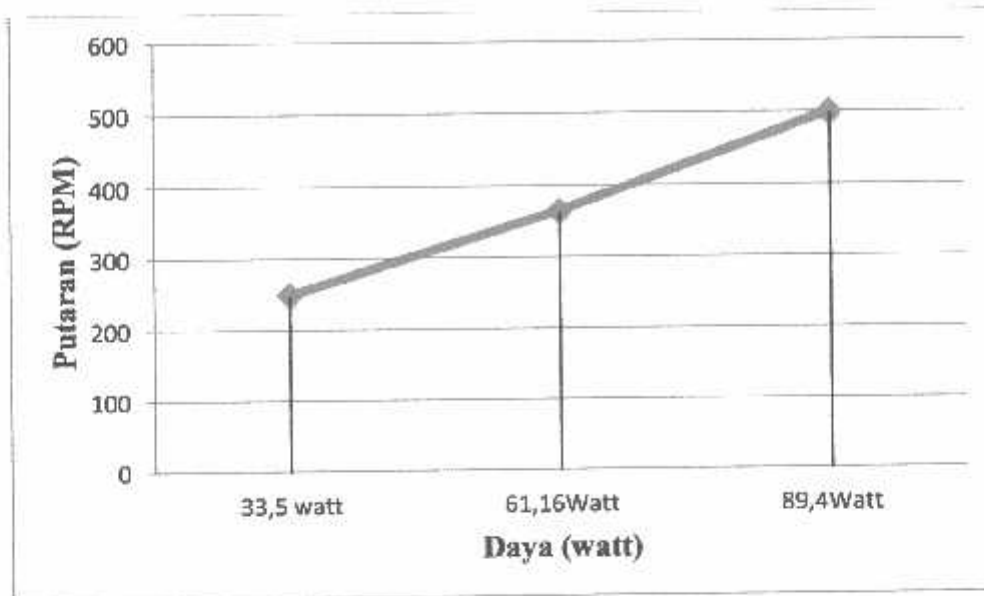
$$= \frac{75\text{ah}}{6,3}$$

$$= 11,3 \text{ jam}$$

Dari data pengujian akumulator pada tabel 4.7 bisa digambarkan grafik antara hubungan arus ,tegangan, dan daya dan kecepatan putar generator.



Gambar 4.8 Data pengujian akumulator hubungan antara kecepatan putaran generator dan tegangan



Gambar 4.9 Hubungan kecepatan putar dengan daya pada pengujian akumulator

#### 4.5 Data Spesifikasi Generator

Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)	Putaran (Rpm)	Daya (Watt)
14,2	6,3	50	500	89,4

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Generator magnet permanen aksial tipe cakram tunggal yang dirancang bangun pada pengujian tanpa beban dengan tegangan keluaran yang dihasilkan 12 V sampai 28,7 V berada pada kecepatan putaran 142 Rpm sampai 375 Rpm, dengan kenaikan tegangan 2 volt sampai 3 volt setiap penambahan putaran antara 20 Rpm sampai 40 Rpm.
2. Pada pengujian generator berbeban dengan beban 3 bola lampu yang masing-masing bola 35 watt dengan tegangan kerja 12 volt, ini menunjukkan pada kecepatan putaran 289 Rpm menghasilkan tegangan 6 Vdc dan arus 3,4 ampere kondisi ke 3 lampu hidup redup, sedangkan pada putaran 490 rpm tegangan yang dihasilkan 10 Vdc dengan arus 6,2 ampere dengan daya yang dihasilkan 62 watt dengan kondisi ketiga lampu terang.
3. Percobaan penyearah tanpa beban menunjukkan tegangan keluaran generator  $V_{ac}$  sebagai tegangan masukan penyearah. Tegangan keluaran dari penyearah lebih besar dari pada tegangan masukan dari penyearah.
4. Pada pengujian pengisian akumulator dapat disimpulkan bahwa pada kecepatan 250 Rpm generator menghasilkan 13,4 Vdc, sehingga pada kecepatan 250 Rpm sudah dapat mengisi akumulator.

#### 5.2 Saran

1. Dalam proses melilit sebaiknya menggunakan alat lilit otomatis, sehingga tidak terjadi tumpukan pada kumparan dan lilitan antar kumparan teratur dan seimbang sehingga tidak menyebabkan beda tegangan yang dihasilkan antar lilitan.
2. Dalam proses pengecoran kumparan stator harus merata keseluruhan, agar menciptakan celah udara yang merata dan efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariyotejo Pujowidodo, Jefri Helian, Gatot Eka Pramono, Abrar Ridwan. "Pengembangan Generator Mini Dengan Menggunakan Magnet Permanen". Departemen Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
  - [2] Pudji Irasari, Novrita Idayanti, " Aplikasi Magnet Permanen BaFe12O19 dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil". Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), 2007.
  - [3] Nanang Sudrajat, Tony Kristianto. "Fabrikasi Magnet Permanen Bonded NdFeB untuk Prototipe Generator". Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), 2013.
  - [4] Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Aziz Ardiyatmoko. " Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau Bayu". 2012
  - [5] Arif Nurhadi, "Perancangan Generator Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis FE Fluks Aksial". Skripsi Universitas Diponegoro
  - [6] Magnet Grade. Tersedia: [www.ndfeb-info.com/neodymium\\_grades.aspx](http://www.ndfeb-info.com/neodymium_grades.aspx)  
(diakses tanggal 24 November 2014)
  - [7] Akbar Maulana, "Rancang Bangun Generator Turbin Angin Axial Tiga Fasa Untuk Kecepatan Angin Rendah". Skripsi Universitas Indonesia.
  - [8] Jarekson Ramadhan, "Studi Jarak Antar Rotor Magnet Permanen Pada Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial Tanpa Inti Stator". Skripsi Universitas Indonesia.
-



## **LAMPIRAN**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

FT. BN (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417834 Malang

**FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI**

Dalam pelaksanaan skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa:

Nama : RIZHAM  
NIM : 1012034  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul : RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN  
DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I 18-02-2015	- Hubungan kecepatan putar generator dengan tegangan induksi tunjukkan dengan rumus.	
	- Tabel/Grafik 4.1	

Dosen Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y.1038900209

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y.1018800189

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT  
NIP. Y.1018800188



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

FT. BN (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karangic, Km 2 Telp. (0341) 417536 Fax. (0341) 417634 Malang

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari/Tanggal : Rabu, 18 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : RIZHAM  
NIM : 1012034  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN GENERATOR MAGNET PERMANEN DENGAN KAPASITAS DAYA 150 WATT**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Tata tulis diperbaiki, kata pengantar	1
2.	Daftar pustaka dilengkapi dan diperbaiki	1
3.	Cantumkan gambar rangkaian pengujian	1

Dosen Penguji II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT  
NIP. P. 1031400472

Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT  
NIP.Y. 1018800188



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Punting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-241/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
Dosen Teknik Elektro S-1  
IITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : RIZHAM  
Nim : 1012034  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-241/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : **RIZHAM**  
Nim : **1012034**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "**

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Kepada Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

NIP.P. 1030100358


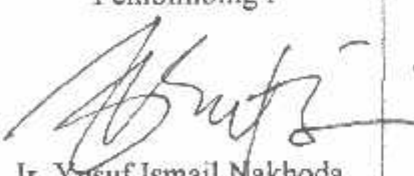



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1012034	
2.	Nama	: RIZHAM	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	2 Oktober 2014	09:00	III.1.5
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ALTERNATIF DENGAN PERMANEN MAGNET GENERATOR	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
7.	Catatan :		
	Catatan :	judul & isi pembahasan ada perubahan.	
	Persetujuan judul Skripsi		
8.	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
	 (...A. L. M....)	 (.....)	 (...L. M. H....)
	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Pembimbing I	Pembimbing II
	 <b>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</b> NIP. P 1030100358	 (.....)	 (.....)



## BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI		T. ENERGI LISTRIK		
1.	Nama Mahasiswa	RIZHAM	NIM	1012034
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	08 Desember 2014		
3.	Judul Skripsi	RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ALTERNATIF DENGAN PERMANEN MAGNET GENERATOR		
4.	Perubahan Judul	Rancang bangun permanen magnet generator 25. Kapasitas Daya 300 watt.		
5.	Catatan :			
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Perhitungan perencanaan peralatan.</li><li>- Konstruksinya bagai mana.</li><li>- Bagai mana pengujian nya</li><li>- Spesifikasi ril Generator.</li></ul>		
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I  Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT	Pembimbing II  Ir. M. Abdul Hamid, MT	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi


Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Rizham  
NIM : 1012034  
Perbaikan meliputi :

1) Tampilkan dg. Rumusan bhw dg putaran rotor (generator) yang tinggi (dinaikkan) maka hasil teg. induksi jmlh semakin naik.

2) Tabel / Grafik 4.1 harap diperbaiki!

Malang,

()



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

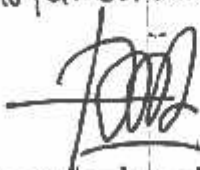
### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Rizhan  
NIM : 1612034  
Perbaikan melalui :

1. Perhatikan ketes tulis, batas serapan garis dan font italic
2. Dasar Penetapan rancangan kapasitas daya 150 watt.  
Apakah ada perhitungannya?
3. Setiap kutipan kalimat dan gambar yang <sup>diambil</sup> disambungkan.  
pada skripsi skripsi, sumbernya harus dimasukkan / dicantumkan.
4. Setiap rumus, cantumkan keterangannya.
5. Daftar pustaka ditulis sesuai dengan ketentuan.
6. Keterangan tabel diatas dan cantumkan sumbernya.
7. Cantumkan gambar rangkaian pada pengujian dan analisis data.

Malang, 18 Februari 2015.

  
Lantur M. Hayusman, ST., MT



**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**  
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Rizham  
NIM : 10.12.034  
Nama Pembimbing I : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Dengan Kapasitas Daya 150 Watt

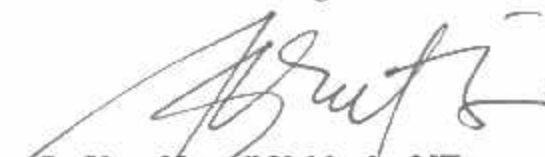
Minggu Ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf Bimbingan
1	Kamis 16-10-2014	10:30	Perubahan judul dan isi pembahasan	
2	Rabu 29-10-2014	11:15	Kebutuhan sistem	
3	Selasa 04-11-2014	12:30	Desain sistem	
4	Kamis 11-11-2014	09:00	Perhitungan perancangan peralatan	
5	Rabu 19-11-2014	10:30	Dimensi magnet dan jumlah kutub	
6	Senin 23-11-2014	09:00	Realisasi pembuatan rotor	
7	Senin 01-12-2014	11:00	Makalah seminar progres	
8	Sabtu 13-12-2014	11:00	Realisasi pembuatan stator	

Minggu ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Kegiatan / Aktifitas	Paraf Bimbingan
9	Sabtu 10-01-2015	10:20	Pengujian generator	
10	Rabu 14-01-2015	10:20	Bimbingan bab I-V	
11	Senin 19-01-2015	10:20	Revisi bab I-V	
12	Senin 26-01-2015	09:30	Revisi makalah seminar hasil	
13	Sabtu 07-02-2015	13:00	Bimbingan laporan	
14	Senin 16-02-2015	11:00	Bimbingan laporan	

Malang,

2015

**Pembimbing I**

  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
 NIP.Y.1018800189



**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**  
SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Rizham  
NIM : 10.12.034  
Nama Pembimbing II : Ir. M. Abdul Hamid, MT  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Dengan Kapasitas Daya 150 Watt

Minggu Ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf Bimbingan
1	Kamis 16-10-2014	10:30	Perubahan judul dan isi pembahasan	
2	Rabu 29-10-2014	11:15	Kebutuhan sistem	
3	Selasa 04-11-2014	12:30	Desain sistem	
4	Kamis 11-11-2014	09:00	Perhitungan perancangan peralatan	
5	Rabu 19-11-2014	10:30	Dimensi magnet dan jumlah kutub	
6	Senin 23-11-2014	09:00	Realisasi pembuatan rotor	
7	Senin 01-12-2014	11:00	Makalah seminar progres	
8	Sabtu 13-12-2014	11:00	Realisasi pembuatan stator	

Minggu ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Kegiatan / Aktifitas	Paraf Bimbingan
9	Sabtu 10-01-2015	10:20	Pengujian generator	
10	Rabu 14-01-2015	10:20	Bimbingan bab I-V	
11	Senin 19-01-2015	10:20	Revisi bab I-V	
12	Senin 26-01-2015	09:30	Revisi makalah seminar hasil	
13	Sabtu 07-02-2015	13:00	Bimbingan laporan	
14	Senin 16-02-2015	11:00	Bimbingan laporan	

Malang, Januari 2015

Pembimbing II



**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP. Y. 1018800188



**MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI**  
**SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015**

Nama Mahasiswa : Rizham  
NIM : 10.12.034  
Nama Pembimbing I : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
Nama Pembimbing II : Ir. M. Abdul Hamid, MT  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Dengan Kapasitas Daya 150 Watt

Minggu Ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf Bimbingan
1	Kamis 16-10-2014	10:30	Perubahan judul dan isi pembahasan	
2	Rabu 29-10-2014	11:15	Kebutuhan sistem	
3	Selasa 04-11-2014	12:30	Desain sistem	
4	Kamis 11-11-2014	09:00	Perhitungan perancangan peralatan	
5	Rabu 19-11-2014	10:30	Dimensi magnet dan jumlah kutub	
6	Senin 23-11-2014	09:00	Realisasi pembuatan rotor	
7	Senin 01-12-2014	11:00	Makalah seminar progres	
8	Sabtu 13-12-2014	11:00	Realisasi pembuatan stator	

Minggu ke-	Hari/Tanggal	Waktu Bimbingan	Kegiatan / Aktifitas	Paraf Bimbingan
9	Sabtu 10-01-2015	10:20	Pengujian generator	
10	Rabu 14-01-2015	10:20	Bimbingan bab I-V	
11	Senin 19-01-2015	10:20	Revisi bab I-V	
12	Senin 26-01-2015	09:30	Revisi makalah seminar hasil	
13	Sabtu 07-02-2015	13:00	Bimbingan laporan	
14	Senin 16-02-2015	11:00	Bimbingan laporan	

Malang, Januari 2015

**Kepala Laboratorium  
Konversi Energi Elektrik**



**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP.Y. 1018800188