

**PERANCANGAN GENERATOR FLUKS AKSIAL TIGA FASE DENGAN  
MENGUNAKAN ROTOR DARI MAGNET PERMANEN NdFeB DAN INTI  
STATOR YANG TERBUAT DARI BAJA PADAT**

**TUGAS AKHIR**

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA MEMPEROLEH

GELAR SARJANA TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK

Disusun oleh :

Nama : Dimas Alvindra Adipati Noegraha

NIM : 0952050003



**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**

**JAKARTA**

**2014**

**PERANCANGAN GENERATOR FLUKS AKSIAL TIGA FASE DENGAN  
MENGUNAKAN ROTOR DARI MAGNET PERMANEN NdFeB DAN INTI  
STATOR YANG TERBUAT DARI BAJA PADAT**

**TUGAS AKHIR**

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA MEMPEROLEH

GELAR SARJANA TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK

Disusun oleh :

Nama : Dimas Alvindra Adipati Noegraha

NIM : 0952050003

Menyetujui,

**Prof. Atmonobudi Soebagio Ph.D.**

**Pembimbing I**

**Ir. Bambang Widodo, MT**

**Pembimbing II**

**FAKULTAS TEKNIK UKI**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**Ketua,**

**Susilo, S.kom, MT**

## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, sejauh yang saya ketahui, karya tulis ini bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah pernah dipublikasikan, atau yang sudah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana lainnya di Universitas yang lain, kecuali pada bagian-bagian dimana sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Jakarta, Februari 2014

(Dimas Alvindra Adipati Noegraha)



## ABSTRAK

Perkembangan generator sinkron magnet permanen fluks aksial sangat pesat. Generator sinkron magnet permanen fluks aksial adalah generator yang rotornya terbuat dari magnet permanen yang fluksnya hanya mengalir secara aksial. Penggunaan magnet permanen ini bertujuan agar generator tidak perlu memakai arus eksitasi (exciter) lagi untuk menghasilkan medan magnet didalam stator karena medan magnet sudah terbentuk oleh material magnet permanen yang digunakan. Pada desain generator ini celah udara yang digunakan adalah 0.005 m. Generator ini diuji dengan dua percobaan, *pertama* yaitu pengujian beban nol dan yang *kedua* adalah pengujian berbeban.

Pada waktu pengujian beban nol, tegangan yang dihasilkan oleh fase-fase pada saat kecepatan 1395 rpm rata-rata adalah 75 volt dan tegangan yang dihasilkan oleh fase-netral rata-rata adalah 45 volt. Untuk frekuensi 50 Hertz, tegangan yang dihasilkan oleh fase-fase rata-rata adalah 43 volt dan tegangan yang dihasilkan oleh fase-netral rata-rata adalah 26 volt. Tegangan yang dihasilkan oleh fase-fase pada saat kecepatan 102 rpm rata-rata adalah 6 volt dan tegangan yang dihasilkan oleh fase-netral rata-rata adalah 4 volt. Kemudian pada waktu pengujian berbeban, daya maksimum yang dihasilkan oleh fase-fase rata-rata adalah 8 watt dan daya minimumnya adalah 4 watt.

**Kata kunci** : Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya, maka Penulisan Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia sudah bisa diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun berdasarkan pada Kurikulum yang ada di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia.

Selain sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana bagi mahasiswa Teknik Elektro – Universitas Kristen Indonesia, semoga Tugas Akhir ini juga dapat berfungsi sebagai sumbangan pemikiran dari penulis bagi pemahaman sekaligus pengembangan tentang salah satu aspek yang berhubungan dengan energi alternatif dan sistem konversi energi alternatif menjadi energi listrik.

Adapun penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Prof. Atmonobudi Soebagio Ph.D**, selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak **Ir. Bambang Widodo, MT**, selaku Dekan Teknik dan selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing kami selama proses pengerjaan sampai laporan selesai.
3. Bapak **Susilo, S.kom, MT**, selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia yang telah membimbing kami.
4. Orang tua yang memberikan kepercayaan dan dukungan secara moral, material, dan doa yang tulus ikhlas sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak / Ibu dosen yang telah membimbing dan membekali kami selama kuliah.
6. Bapak Dwi Sunarto dan Bapak Pudjo selaku teknisi yang telah membantu dalam menyediakan sarana dan prasarana.
7. Teman-teman kelompok Tugas Akhir : Raditya Dori R. dan Danatika Magdalena.
8. Teman-teman satu angkatan (angkatan 2009) yaitu, Sukma Wijaya, Dona Ernando Elia, Antonius Kerans, Raditya Dori R, Helmy Immanuel, Rotua Silaban, Danatika Magdalena, Rofino Mendes, Yusak Kristanto, Osep Miagoni, Muhamad Sirait, dan Tobias Rizki S.
9. Teman-teman mahasiswa yang telah membantu.
10. Keluarga besar S-1 Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia.

Sebagai mahasiswa yang masih dalam tahap belajar, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran sangat diperlukan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan referensi dalam menyusun Tugas Akhir.

Jakarta, Februari 2014

(Dimas Alvindra Adipati Noegraha)





## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Metode Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II : LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Magnet.....	5
2.1.1 Jenis-jenis Magnet .....	6
2.2 Tegangan Induksi .....	7
2.2.1 Gaya Gerak Listrik (GGL Induksi) .....	7
2.3 Kurva B-H Material Magnet .....	9
2.4 Generator .....	10
2.4.1 Generator Konvensional .....	10
2.4.1.1 Konstruksi Dasar Generator Sinkron Konvensional.....	10
2.4.2 Generator Sinkron Magnet Permanen .....	15
2.4.2.1 Jenis-jenis Fluks Pada Generator Sinkron Magnet Permanen .....	17
2.4.3 Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial .....	18
2.4.3.1 Tipe Generator Berdasarkan Banyaknya Tingkatan ( <i>stage</i> ).....	18
2.4.3.1.1 Satu Tingkat ( <i>Single Stage</i> ).....	18
2.4.3.1.2 Dua Tingkat ( <i>Double Stage</i> ) .....	19
2.4.3.1.3 Banyak Tingkat ( <i>Multi Stage</i> ).....	19

2.4.3.2 Tipe Generator Berdasarkan Arah Fluks .....	20
2.4.3.2.1 Tipe N-N .....	20
2.4.3.2.2 Tipe N-S .....	21
2.4.3.3 Penempatan dan Tipe Magnet.....	21
2.4.4 Prinsip Kerja Generator .....	23
2.4.5 Rangkaian Ekuivalen Generator .....	25
2.4.6 Reaksi Jangkar Generator Sinkron .....	26

### **BAB III : PERANCANGAN ALAT**

3.1 Pembuatan Sketsa dan Perancangan Prototipe .....	29
3.2 Magnet Permanen Pada Rotor .....	30
3.3 Perancangan Rotor .....	31
3.4 Perancangan Stator .....	33
3.4.1 Pembuatan Inti Stator .....	33
3.4.2 Pembuatan Rangka Stator.....	35
3.5 Perakitan Alat.....	38
3.6 Penghitungan Tegangan Keluaran.....	40

### **BAB IV : HASIL PERCOBAAN DAN ANALISIS**

4.1 Pengujian Alat .....	45
4.2 Tujuan.....	46
4.3 Peralatan Yang Digunakan.....	46
4.4 Rangkaian Percobaan .....	47
4.4.1 Percobaan Beban Nol .....	47
4.4.1.1 Prosedur Percobaan Beban Nol .....	47
4.4.2 Percobaan Berbeban .....	48
4.4.2.1 Prosedur Percobaan Berbeban .....	48
4.5 Data Percobaan.....	49
4.5.1 Percobaan Beban Nol .....	49
4.5.1.a Tegangan fase R-S ; S-T ; T-R ; R-N ; S-N ; T-N pada kecepatan maksimum (1395 rpm) hingga kecepatan minimum (102 rpm) beserta frekuensi yang dihasilkannya.....	49
4.5.1.b Gelombang sinusoidal yang dihasilkan oleh fase-fase dan fase netral pada kecepatan maksimum (1395 rpm).....	50



4.5.1.c Gelombang sinusoidal yang dihasilkan oleh fase-fase dan fase-netral pada kecepatan 750 rpm (50 Hertz) .....	50
4.5.1.d Gelombang sinusoidal yang dihasilkan oleh fase-fase dan fase-netral pada kecepatan minimum (102 rpm).....	51
4.5.1.e Grafik putaran dan tegangan yang dihasilkan dari masing-masing data tersebut.....	51
4.5.1.e.1 Grafik putaran dan tegangan fase R-S.....	51
4.5.1.e.2 Grafik putaran dan tegangan fase S-T.....	52
4.5.1.e.3 Grafik putaran dan tegangan fase T-R .....	52
4.5.1.e.4 Grafik putaran dan tegangan fase R-N .....	53
4.5.1.e.5 Grafik putaran dan tegangan fase S-N .....	53
4.5.1.e.6 Grafik putaran dan tegangan fase T-N .....	54
4.5.2 Percobaan Berbeban .....	55
4.5.2.a Tegangan arus, dan daya yang dihasilkan oleh fase R-S jika dibebani oleh tahanan 100 $\Omega$ , 50 $\Omega$ , 25 $\Omega$ , dan 12.5 $\Omega$ .....	55
4.5.2.b Tegangan arus, dan daya yang dihasilkan oleh fase S-T jika dibebani oleh tahanan 100 $\Omega$ , 50 $\Omega$ , 25 $\Omega$ , dan 12.5 $\Omega$ .....	55
4.5.2.c Tegangan arus, dan daya yang dihasilkan oleh fase T-R jika dibebani oleh tahanan 100 $\Omega$ , 50 $\Omega$ , 25 $\Omega$ , dan 12.5 $\Omega$ .....	56
4.5.2.d Gelombang sinusoidal yang dihasilkan jika dibebani 100 $\Omega$ , 50 $\Omega$ , 25 $\Omega$ , dan 12.5 $\Omega$ .....	56
4.5.2.e Grafik arus dan tegangan yang dihasilkan oleh fase R-S; S-T; dan T-R .....	58
4.5.2.e.1 Grafik arus dan tegangan pada fase R-S .....	58
4.5.2.e.2 Grafik arus dan tegangan pada fase S-T.....	59
4.5.2.e.3 Grafik arus dan tegangan pada fase T-R .....	59
4.5.2.e Grafik arus dan daya yang dihasilkan oleh fase R-S; S-T; dan T-R .....	60
4.5.2.f.1 Grafik arus dan daya pada fase R-S.....	60
4.5.2.f.2 Grafik arus dan daya pada fase S-T.....	60
4.5.2.f.3 Grafik arus dan daya pada fase T-R.....	61
4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Hasil Percobaan.....	60

<b>BAB V : KESIMPULAN</b> .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65
<b>LAMPIRAN</b> .....	66



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Magnet secara umum .....	5
Gambar 2.1.1 Jenis-jenis magnet buatan .....	7
Gambar 2.3 Kurva B-H Saturasi dari 3 material magnet.....	10
Gambar 2.4.1.1.a Rotor kutub sepatu pada generator 4 kutub.....	11
Gambar 2.4.1.1.b Rotor kutub silinder (tampak depan dan samping) .....	12
Gambar 2.4.1.1.c Rangka stator beserta kumparan jangkarnya.....	13
Gambar 2.4.2 Skema rancangan generator sinkron magnet permanen.....	15
Gambar 2.4.2.1 Jenis generator (a) Fluks Radial (b) Fluks Aksial.....	17
Gambar 2.4.3.1.1 Bentuk generator <i>single stage</i> .....	18
Gambar 2.4.3.1.2 Bentuk generator <i>Double Stage</i> dengan dua rotor .....	19
Gambar 2.4.3.1.3 Bentuk generator <i>Multi Stage</i> .....	19
Gambar 2.4.3.2.1 Arah fluks pada tipe N-N.....	20
Gambar 2.4.3.2.2 Arah fluks pada tipe N-S.....	21
Gambar 2.4.3.3 Peletakan magnet permanen (a) Permukaan rotor (b) Ditanamkan pada rotor.....	22
Gambar 2.4.5 Rangkaian ekivalen generator.....	25
Gambar 2.4.6.a Beban kapasitif murni .....	26
Gambar 2.4.6.b Beban kapasitif.....	27
Gambar 2.4.6.c Beban resistif.....	27
Gambar 2.4.6.d Beban induktif murni .....	27
Gambar 3.1.a Sketsa generator sinkron magnet permanen.....	29
Gambar 3.1.b Prototipe generator sinkron magnet permanen .....	30
Gambar 3.2 Magnet jenis NdFeB yang digunakan untuk rotor .....	31
Gambar 3.3.a Skema rotor .....	32
Gambar 3.3.b Rotor yang sudah ditempel magnet permanen.....	33
Gambar 3.4.1.a Inti stator (i) Tanpa kumparan (ii) Dengan kumparan .....	34
Gambar 3.4.1.b Sekrup yang digunakan untuk mengunci inti pada stator .....	35
Gambar 3.4.1.c Susunan kumparan .....	35
Gambar 3.4.2.a Ebonit yang digunakan untuk stator.....	36
Gambar 3.4.2.b Kaki penyangga rangka stator.....	36

Gambar 3.4.2.c (i) Bosch sepeda yang digunakan sebagai poros (ii) Sekrup pengunci bosch .....	37
Gambar 3.5.a Proses pemasangan inti stator dan bosch pada rangka stator .....	38
Gambar 3.5.b Pemasangan kaki penyangga pada stator .....	38
Gambar 3.5.c Generator yang sudah digabungkan antara stator dan rotornya .....	39
Gambar 3.5.d Motor asinkron sebagai penggerak mula .....	39
Gambar 3.6 Ilustrasi fluks yang mengalir .....	40
Gambar 4.4.1 Rangkaian percobaan beban nol .....	47
Gambar 4.4.2 Rangkaian percobaan berbeban .....	48
Gambar 4.5.1.b Gelombang pada kecepatan maksimum (i)Fase-fase (ii)Fase-netral ....	50
Gambar 4.5.1.c Gelombang pada kecepatan 750 rpm (50 Hz) (i)Fase-fase (ii)Fase-netral .....	50
Gambar 4.5.1.d Gelombang pada kecepatan minimum (i)Fase-fase (ii)Fase-netral .....	51
Gambar 4.5.1.e.1 Grafik putaran dan tegangan pada fase R-S .....	51
Gambar 4.5.1.e.2 Grafik putaran dan tegangan pada fase S-T .....	52
Gambar 4.5.1.e.3 Grafik putaran dan tegangan pada fase T-R .....	52
Gambar 4.5.1.e.4 Grafik putaran dan tegangan pada fase R-N .....	53
Gambar 4.5.1.e.5 Grafik putaran dan tegangan pada fase S-N .....	53
Gambar 4.5.1.e.6 Grafik putaran dan tegangan pada fase T-N .....	55
Gambar 4.5.2.d.1 Bentuk gelombang jika dibebani 100 ohm .....	56
Gambar 4.5.2.d.2 Bentuk gelombang jika dibebani 50 ohm .....	57
Gambar 4.5.2.d.3 Bentuk gelombang jika dibebani 25 ohm .....	57
Gambar 4.5.2.d.4 Bentuk gelombang jika dibebani 12.5 ohm .....	58
Gambar 4.5.2.e.1 Grafik arus dan tegangan pada fase R-S .....	58
Gambar 4.5.2.e.2 Grafik arus dan tegangan pada fase S-T .....	59
Gambar 4.5.2.e.3 Grafik arus dan tegangan pada fase T-R .....	59
Gambar 4.5.2.f.1 Grafik arus dan daya pada fase R-S .....	60
Gambar 4.5.2.f.2 Grafik arus dan daya pada fase S-T .....	60
Gambar 4.5.2.f.3 Grafik arus dan daya pada fase T-R .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 Dimensi Magnet.....	31
Tabel 3.3 Dimensi rotor .....	32
Tabel 3.4.1 Dimensi inti stator.....	34
Tabel 3.4.2 Dimensi ebonit.....	36
Tabel 4.5.1.a Data percobaan beban nol .....	49
Tabel 4.5.2.a Data percobaan berbeban pada fase R-S.....	55
Tabel 4.5.2.b Data percobaan berbeban pada fase S-T.....	55
Tabel 4.5.2.c Data percobaan berbeban pada fase T-R .....	56
Tabel 4.6 Perbandingan tegangan antara hasil perhitungan dan hasil percobaan.....	60

