

**PERANCANGAN GENERATOR FLUKS AKSIAL SATU FASA
MENGUNAKAN ROTOR MAGNET PERMANEN NdFeB DUA
BELAS KUTUB DENGAN INTI 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 : Jackson Aladin Panggabean

Nim : 1052050011



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2014

LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN GENERATOR FLUKS AKSIAL SATU FASA
MENGUNAKAN ROTOR MAGNET PERMANEN NdFeB DUA
BELAS KUTUB DENGAN INTI YANG TERBUAT DARI BAJA
PADAT**

Nama : Jackson Aladin Panggabean

Nim : 1052050011

Jakarta, April 2014

Menyetujui,

Prof. Atmonobudi. Soebagio, Phd

Pembimbing 1

Ir. Bambang Widodo, MT

Pembimbing 2

Mengetahui,

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,

Susilo, Skom, MT

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jackson Aladin Panggabean

NIM : 1052050011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

“PERANCANGAN GENERATOR FLUKS AKSIAL SATU FASA MENGGUNAKAN ROTOR MAGNET PERMANEN NdFeB DUA BELAS KUTUB DENGAN INTI YANG TERBUAT DARI BAJA PADAT ”, adalah hasil karya saya sendiri, 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 lain, kecuali pada bagian – bagian dimana sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya

Jakarta, Agustus 2014

Jackson Aladin Panggabean

ABSTRAK

Saat ini di negara kita Republik Indonesia, di beberapa wilayah mengalami kekurangan pasokan energi listrik. Sedangkan pasokan energi fosil seperti batubara, minyak dan gas bumi semakin menipis. Di sisi lain masih banyak sumber energi terbarukan yang pemanfaatannya kurang optimal misalnya, energi air, angin dan hybrid. Energi ini tentunya harus dikonversikan agar dapat menghasilkan energi listrik, dalam hal ini generator fluks aksial digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pemilihan generator ini didasarkan pada kecepatan angin rata – rata di Negara Indonesia relative rendah. Sehingga, generator fluks aksial ini cocok digunakan sebagai pengonversi energi angin menjadi energi listrik.

Generator fluks aksial dengan menggunakan magnet permanen ini, pada bagian rotor menggunakan magnet NdFeB 0,37 tesla dengan dimensi (20 x 12 x 6) mm sebanyak 12 buah perkutubnya dan statornya menggunakan baja padat sebanyak 12 batang dan dimensinya (20 x 10 x 70) mm dan jumlah lilitan pada baja padat ini sebanyak 500 lilitan per inti stator dengan menggunakan kawat tembaga dengan diameter 0.5 mm.

Pada saat pengujian generator beban nol dengan kecepatan 250 rpm menghasilkan tegangan 12,8 volt, pada saat kecepatan 500 rpm menghasilkan tegangan 24,8 volt. Sedangkan pada saat pengujian berbeban dengan kecepatan 400 rpm dan beban 100 ohm menghasilkan tegangan 18 volt dan pada berbeban 50 ohm menghasilkan tegangan 16,8 volt. Karena generator ini dirancang untuk putaran rendah dan digunakan untuk pengisian baterai aki maka tegangan yang dihasilkan dari generator ini tidak melebihi tegangan pada saat pengisian aki.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan kasih sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan baik materi maupun moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Atmonobudi Soebagio Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan dan semangat yang terus diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Ir. Bambang Widodo, MT selaku dosen pembimbing ke dua saya yang juga turut meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan selama proses pengujian. Sehingga bisa mendapatkan data guna menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Susilo ,Skom, MT selaku Kepala Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia yang telah membimbing saya.
4. Kepada Ayah saya yang selalu memberikan saya motivasi, bimbingan, semangat dan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kepada Abang saya Roganda Panggabean, Robinhot Panggabean, Kakak Monarchy Pardosi, Kakak Enni Manalu dan juga adik saya Anna Martina Panggabean yang senantiasa memberikan bantuan baik materi maupun doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kepada teman – teman saya yang juga sedang mengerjakan skripsi Rusli Sinaga, yang turut mengerjakan proyek yang sama, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan dan terkadang saling memberikan motivasi ketika menemukan kebuntuan dalam mencari solusi.
7. Dan teman – teman elektro angkatan 2010 dan teman lainnya yang tidak mungkin disebutkan secara satu persatu, terima kasih atas ide, bantuan dan doa yang diberikan.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan berkat dan membalaskan semua kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan menuju teknologi go green.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN KEASLIAN KARYA TULIS	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Metodologi Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II : LANDASAN TEORI	5
2.1. Generator Sinkron.....	5
2.1.1. Umum	5
2.1.2. Konstruksi Generator Sinkron.....	5
2.1.2.1. Bagian yang diam (stator).....	5
2.1.2.2. Bagian yang bergerak (rotor).....	6
2.2. Medan Magnet.	9
2.3 Hubungan Arus Listrik dan Medan Magnet	11
2.3.1 Kurva Magnetisasi (Kurva B – H).....	12
2.4 Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	16
2.4.1 Kecepatan Putar Generator Sinkron	19
2.4.2 Generator Sinkron Tanpa Beban.....	19
2.4.3. Generator Sinkron Berbeban	23
2.4.3.1 Resistansi Jangkar (Ra).....	23
2.4.3.2 Reaktansi Bocor Jangkar (XI).....	24
2.4.3.3 Reaksi Jangkar (Xa).....	24
2.5 Generator Sinkron Fluks Aksial	24
2.5.1 Umum	24

2.5.2 Konstruksi Generator AFPM	26
2.5.2.1 Stator	26
2.5.2.2 Rotor	28
2.5.2.3 Celah udara atau <i>air gaps</i>	29
2.5.3 Tipe – tipe Generator Fluks Aksial.....	29
2.5.4 Prinsip Kerja Generator AFPM	31
2.5.5 Generator AFPM Tanpa Beban	32
2.5.6 Perhitungan Besar Fluks	33
BAB III : PERANCANGAN ALAT	35
3.1. Pembuatan Alat dan Prototipe	35
3.1.1 Alat dan Bahan Perancangan	35
3.1.2 Desain Prototipe.....	36
3.1.3 Desain Generator	37
3.1.4 Perancangan Rotor	38
3.1.5 Perancangan Stator	39
3.1.5.1 Perhitungan Kumparan	42
3.1.5.2 Perhitungan Panjang Kawat Kumparan.....	43
3.1.6 Bentuk Generator	44
3.2 Perhitungan Elektromagnetis	44
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS	48
4.1 Pengujian Generator	48
4.2 Rangkaian Pengujian	49
4.2.1. Kondisi Tanpa Beban (beban nol)	49
4.2.2. Kondisi Berbeban	50
4.2.3 Prosedur Pengujian	51
4.2.3.1. Prosedur Pengujian Tanpa Beban (Beban Nol)	51
4.2.3.2. Prosedur Pengujian Berbeban.....	51
4.3 Hasil Pengujian	51
4.3.1 Pengujian Tanpa Beban Satu Kumparan	51
4.3.1.1 Data Pengujian Tanpa Beban Satu Kumparan.....	52
4.3.1.2 Grafik Hubungan Kenaikan Hubungan Putaran dengan Tegangan.....	52

4.3.1.3 Gelombang Tegangan	53
4.3.1.3.1 Gelombang Tegangan Fasa Dengan Netral.....	53
4.3.2 Pengujian Tanpa Beban Terangkai Satu Fasa (beban nol).....	54
4.3.2.1 Data Pengujian Tanpa Beban Terangkai Satu Fasa (beban nol)	55
4.3.2.2 Grafik Hubungan Kenaikan Hubungan Putaran dengan Tegangan.....	55
4.3.2.3 Gelombang Tegangan	56
4.3.3 Pengujian Berbeban.....	57
4.3.3.1 Data Pengujian Berbeban.....	57
4.3.3.2 Grafik Hubungan Tegangan dan Arus	58
4.3.3.3 Grafik Hubungan Tegangan dan Daya	59
4.3.3.4 Gelombang Tegangan Berbeban.....	60
4.3.4 Pengujian Berbeban Variasi Kecepatan Putaran.....	60
4.3.4.1 Data Pengujian Berbeban Variasi Kecepatan Putaran...	61
4.3.4.2 Grafik Hubungan Daya dan Kecepatan Putar.....	61
4.3.4.3 Gelombang Tegangan Berbeban Variasi Kecepatan Putaran	62
4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Hasil Percobaan	62
BAB V : KESIMPULAN	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	66
LEMBAR KEGIATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator Sinkron.....	7
Gambar 2.2 Rotor kutub sepatu	8
Gambar 2.3 Rotor kutub silinder	9
Gambar 2.4 Kutub magnet bumi.....	10
Gambar 2.5 Bentuk garis – garis gaya magnet yang terjadi pada batang magnet batang	10
Gambar 2.6 Macam – macam bentuk garis gaya magnet yang dihasilkan dari bermacam – macam bentuk benda penghasil magnet.....	10
Gambar 2.7 Macam – macam bentuk magnet permanen.....	11
Gambar 2.8 Rangkaian magnetik dengan celah udara.....	13
Gambar 2.9 Kurva B – H.....	15
Gambar 2.10. Kumputan jangkar pada rotor berputar di sekitar medan magnet yang dihasilkan stator	16
Gambar 2.11. Proses terbentuknya gelombang AC pada generator sinkron	17
Gambar 2.12 Karakteristik Generator tanpa beban	20
Gambar 2.13 Rangkaian Generator tanpa beban	21
Gambar 2.14 a. Generator tipe fluks Radial b. Generator tipe fluks Aksial	25
Gambar 2.15 Generator magnet permanen dengan fluks aksial	26
Gambar 2.16 Stator <i>Overlapping</i>	27
Gambar 2.17 Stator <i>Non-verlapping</i>	27
Gambar 2.18 Pemasangan Magnet Permanen pada Rotor Generator Fluks Aksial	28
Gambar 2.19 Rotor Tunggal dan Stator Tunggal	29
Gambar 2.20 Stator Ganda dan Rotor Tunggal	30
Gambar 2.21 Stator dan Rotor banyak.....	30
Gambar 2.22 Rangkaian Ekuivalen Generator AFPM	33
Gambar 3.1. Bentuk prototype.....	36
Gambar 3.2 Desain Generator Magnet Permanen Fluks Aksial.....	37
Gambar 3.3 Magnet Neodymium Iron Boron (Nd Fe B)	38
Gambar 3.4 Perancangan Rotor dengan Magnet Nd Fe B.....	38

Gambar 3.5 Rotor dengan Magnet NdFeB yang sebenarnya	39
Gambar 3.6 Perancangan Stator.....	40
Gambar 3.7 Baja Padat	40
Gambar 3.8 Baja Padat yang telah dililit kawat tembaga 0.5 mm.....	41
Gambar 3.9 Ass dan rumah – rumah laher	41
Gambar 3.10 Kayu Lapis sebagai penopang inti stator	41
Gambar 3.11 Kumparan, Ass dan rumah – rumah laher di dalam inti stator	42
Gambar 3.12 Bentuk Akhir Generator.....	42
Gambar 3.13 Perhitungan tebal lilitan tembaga pada Inti Baja Padat	43
Gambar 3.14 Generator magnet permanen fluks aksial.....	44
Gambar 3.15 Skema rangkaian elektromagnetik yang terjadi pada kumparan generator	45
Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (beban nol).....	49
Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian Berbeban	50
Gambar 4.3 Grafik Putaran dan Tegangan	52
Gambar 4.4 Gelombang Tegangan Fasa Dengan Netral Pengujian Tanpa Beban Satu Kumparan 500 rpm	53
Gambar 4.5 Gelombang Tegangan Fasa Dengan Netral Pengujian Beban Nol Satu Kumparan 100 rpm	54
Gambar 4.6 Grafik Putaran dan Tegangan	55
Gambar 4.7 Gelombang tegangan antar gelombang fasa dengan netral 500 rpm	56
Gambar 4.8 Gelombang tegangan antar gelombang fasa dengan netral 100 rpm	56
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Arus dan Tegangan	58
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Tegangan dan Daya	59
Gambar 4.11 Gelombang Tegangan Berbeban.....	60
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Daya dan Kecepatan Putar	61
Gambar 4.13 Gelombang Tegangan Berbeban Variasi Kecepatan Putaran	62

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pengujian Tanpa Beban Satu Kumparan.....	52
Tabel 4.2 Pengujian Tanpa Beban Terangkai Satu Fasa (beban nol)	55
Tabel 4.3 Pengujian Berbeban	57
Tabel 4.4 Perbandingan tegangan tanpa beban dengan tegangan berbeban pada saat daya maksimum putaran 400 rpm.....	58
Tabel 4.5 Pengujian Berbeban Variasi Kecepatan Putaran	61
Tabel 4.6 Perbandingan tegangan antara hasil perhitungan dan hasil percobaan.....	62