

**PERANCANGAN GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
18 SLOT 16 POLE UNTUK PLTB MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA BERBASIS
*FINITE ELEMENT METHOD***



**Laporan Akhir ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan
Pendidikan Diploma III Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Listrik**

OLEH

LIDIYA

061830310922

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2021

**PERANCANGAN GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
18 SLOT 16 POLE UNTUK PLTB MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA BERBASIS
FINITE ELEMENT METHOD**



OLEH

**LIDIYA
061830310922**

Menyetujui,

Pembimbing I,

**Bersian Ginting, S.T., M.T
NIP. 196303231989031002**

Pembimbing II,

**Andri Suyadi, S.ST., M.T
NIP. 196510091990031002**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro,**

**Ir. Iskandar Lutfi, M.T
NIP. 196501291991031002**

**Koordinator Program Studi
Teknik Listrik,**

**Anton Firmansyah, S.T., M.T
NIP. 197509242008121001**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan:

Nama : Lidiya
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 31 Oktober 2000
Alamat : Jl.Harapan Jaya 1 No.02 RT.31 RW.08 Kel. Sei Selayur
Kec. Kalidoni Palembang 30118
NIM : 061830310922
Program Studi : D3 Teknik Listrik
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Skripsi/Laporan Akhir* : Perancangan Generator Sinkron Magnet Permanen 18 Slot
16 Pole untuk PLTB Menggunakan Software Magnet
Infolytica Berbasis *Finite Element Method*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Skripsi/Laporan Akhir* ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Skripsi/Laporan Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Akhir*.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Akhir*.

Apabila dikemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh Jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

Palembang, 23 Juli 2021

Yang Menyatakan,



(Lidiya)

Mengetahui,

Pembimbing I **Bersiap Ginting, S.T., M.T**

Pembimbing II **Andri Suyadi, S.ST., M.T**

* Coret yang tidak perlu

.....
.....
.....

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Segera kerjakan, pastikan kerjakan dengan benar, kerjakan hingga tuntas”

Dengan rasa syukur yang mendalam atas terselesaikannya laporan akhir ini, penulis mempersembahkannya kepada:

- ✚ *Orang tua saya Ibu Yustira dan Bapak Ahmad Saleh sebagai orang yang paling berharga dalam hidup saya yang selalu memberikan cinta kasihnya.*
- ✚ *Kakak kandungku Nursidah dan orang terdekatku yang tersayang dan selalu ada di sisi saya.*
- ✚ *Almamater kebanggaanku Politeknik Negeri Sriwijaya serta segenap dosen dan staff teknik listrik khususnya dosen pembimbing saya yaitu bapak Bersiap Ginting, S.T., M.T dan bapak Andri Suyadi, S.ST., M.T.*
- ✚ *Ricky Elson selaku founder and chairman PT Lentera Bumi Nusantara tempat saya melaksanakan kerja praktek. Betapa bersyukurya saya dipertemukan dengan orang hebat yang telah memberikan banyak ilmu dan nasihat kehidupan serta selalu mengingatkan untuk senantiasa #MembangunDiri #MembangunNegeri.*
- ✚ *Teman-temanku baik dari kelas 6LD, kakak-kakak tingkat teknik listrik, teman seorganisasi, maupun teman seperjuangan ‘ciheras university’ dari kampus lain yang telah berbagi ilmu dan saling memberikan semangat.*

ABSTRAK
PERANCANGAN GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN
18 SLOT 16 POLE UNTUK PLTB MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA BERBASIS
FINITE ELEMENT METHOD

(2021; xv + 69 halaman + 40 gambar + 27 tabel + 4 Lampiran)

LIDIYA (061830310922)

Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Sriwijaya

Generator sinkron magnet permanen atau *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) adalah sebuah generator untuk turbin angin yang melakukan eksitasinya sendiri dengan menggunakan magnet permanen yang terdapat pada rotornya. Generator mengubah torsi dan kecepatan putar rotor yang diterimanya dari bilah/*blade* menjadi nilai tegangan dan arus. Penelitian ini berhasil merancang generator sinkron magnet permanen 18 slot 16 pole 3 fasa untuk PLTB dengan dimensi 230 x 230 x 43 mm dan daya output 569 Watt saat 375 rpm di beban optimal 100 ohm menggunakan software Magnet Infolytica berbasis *Finite Element Method*. Sehingga daya output tersebut hanya eror 0,84 % dari daya output yang diinginkan (500 Watt). Material yang digunakan adalah M470-50A untuk Inti besi stator dan rotor, Neodymium Iron Boron 48/11 untuk magnet permanen, dan Copper: 5.77e7 Siemens/meter untuk kumparan. Kumparan/coil memakai 100 lilitan dengan arah putar kombinasi *Clock Wise* (CW) dan *Counter-Clock Wise* (CCW). Untuk mendapatkan hasil yang cenderung presisi maka diatur mesh atau finite element pada semua bagian generator. Generator ini memiliki tegangan fasa sebesar 141,61 Volt (eror 3%) dan tegangan antar fasa sebesar 251,54 Volt (eror 0,5%). Semakin besar kecepatan putar, maka tegangan pada beban akan semakin besar, hal ini sesuai dengan rumus $e=B.l.v$. Jika ingin tegangan yang besar maka berikan kecepatan yang sebesar-besarnya.

Kata Kunci : PMSG, Kurva Karakteristik, FEM

ABSTRACT

**DESIGN OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR
18 SLOT 16 POLE FOR PLTB USING MAGNET
INFOLYTICA SOFTWARE BASED ON
FINITE ELEMENT METHOD**

(2021; xv + 69 pages + 40 pictures + 27 tables + 4 Attachments)

LIDIYA (061830310922)

Electrical Engineering Study Program

State Polytechnic of Sriwijaya

A Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) is a generator for a wind turbine that performs its own excitation using a permanent magnet found in the rotor. The generator converts the torque and rotational speed of the rotor it receives from the blades into voltage and current values. This study succeeded in designing a permanent magnet synchronous generator 18 slots 16 pole 3 phase for PLTB with dimensions of 230 x 230 x 43 mm and an output power of 569 Watt at 375 rpm at an optimal load of 100 ohm using Magnet Infolytica software based on the Finite Element Method. So that the output power is only 0,84% error of the desired output power (500 Watt). The materials used are M470-50A for the iron core of the stator and rotor, Neodymium Iron Boron 48/11 for permanent magnets, and Copper: 5.77e7 Siemens/meter for the coils. The coil uses 100 turns with a combination of turning directions ClockWise (CW) and Counterclockwise (CCW). To get results that tend to be precise, mesh or finite elements are arranged in all parts of the generator. This generator has a phase voltage of 141.61 Volt (3% error) and a line-to-line voltage of 251.54 Volt (0.5% error). The greater the rotational speed, the greater the voltage, this is in accordance with the formula $e = B l v$. If you want a large voltage, then give the maximum speed.

Keywords: PMSG, Characteristic Curve, FEM

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir yang berjudul “Perancangan Generator Sinkron Magnet Permanen 18 Slot 16 Pole untuk PLTB Menggunakan Software Magnet Infolytica Berbasis *Finite Element Method*” tepat pada waktunya. Laporan Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Diploma III pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak:

1. Bersiap Ginting, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I
 2. Andri Suyadi, S.ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing II
- atas segala dukungan, arahan dan bantuannya sehingga Laporan Akhir ini tersusun dengan baik.

Dengan terselesaikannya Laporan Akhir ini, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

3. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Bapak Anton Firmansyah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Ricky Elson selaku *Founder and Chairman* PT Lentera Bumi Nusantara yang berkenan membimbing dan mengarahkan penulis untuk belajar banyak saat Kerja Praktek sehingga tema laporan akhir ini didapatkan dari sana.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat menunjang perkembangan penelitian generator, khususnya dalam pemanfaatan energi angin. Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan baik dalam penulisan maupun penyusunan Laporan Akhir ini. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Palembang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).....	6
2.1.1 Turbin Angin	7
2.1.2 Cara Kerja PLTB	10
2.2 Generator	11
2.3 Generator Sinkron	13
2.4 Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)	14
2.5 Kelebihan dan Kekurangan Generator Sinkron Magnet Permanen....	15
2.5.1 Kelebihan.....	15
2.5.2 Kekurangan.....	15

2.6	Kontruksi Generator Sinkron Magnet Permanen	16
2.6.1	Permanen Magnet	16
2.6.2	Kumparan	19
2.6.3	Stator dan Rotor.....	19
2.6.4	Air Gap	20
2.7	Prinsip Kerja Generator Sinkron Magnet Permanen	20
2.8	Kombinasi Slot Dan Pole	21
2.9	Perhitungan Matematis Desain Generator	23
2.9.1	Dimensi Utama Generator Sinkron Magnet Permanen	23
2.9.2	Ukuran Stator Dan Rotor	23
2.9.3	Jumlah Lilitan	25
2.9.4	Menghitung Tegangan Output 3 Fasa	25
2.9.5	Menghitung Tegangan Dan Arus Dc.....	26
2.9.6	Menghitung Torsi	26
2.9.7	Menghitung Daya	27
2.9.8	Menghitung Efisiensi.....	27
2.10	Software Magnet 7.5	27
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Metode Penelitian	29
3.2	Alat Penelitian	29
3.3	Data material yang digunakan	29
3.4	Langkah-Langkah Penelitian.....	31
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Perancangan Model Generator	35
4.1.1	Perhitungan Dimensi Utama Generator Magnet Permanen	35
4.1.2	Perhitungan Ukuran Stator Dan Rotor	36
4.1.3	Perhitungan Jumlah Lilitan.....	37
4.1.4	Kerangka Desain Generator Sinkron Magnet Permanen	38
4.1.5	Inisialisasi Desaian Generator Sinkron Magnet Permanen	39

4.1.6	Mesh	41
4.1.7	Pengaturan Coil	42
4.2	Simulasi Model Generator Sinkron Magnet Permanen.....	46
4.2.1	Membuat Motion	47
4.2.2	Simulasi Pada Software Magnet Infolytica	48
4.2.3	Fluks Magnet Hasil Simulasi.....	49
4.3	Simulasi Tanpa Beban	50
4.3.1	Tegangan Fasa	51
4.3.2	Tegangan Antar Fasa	52
4.3.3	Nilai Konstanta Back Emf.....	53
4.4	Simulasi Dengan Beban Saat Kecepatan Bervariasi	54
4.4.1	Tegangan	55
4.4.2	Arus	56
4.4.3	Torsi.....	57
4.4.4	Daya input	58
4.4.5	Daya output	59
4.4.6	Efisiensi	60
4.5	Simulasi Dengan Beban Saat Kecepatan 375 Rpm.....	61
4.5.1	Tegangan Generator Sinkron Magnet Permanen.....	61
4.5.2	Arus Generator Sinkron Magnet Permanen.....	62
4.5.3	Torsi Generator Sinkron Magnet Permanen	63
4.5.4	Daya input Generator Sinkron Magnet Permanen.....	63
4.5.5	Daya output Generator Sinkron Magnet Permanen.....	64
4.5.6	Efisiensi Generator Sinkron Magnet Permanen	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Hambatan Aliran Angin	7
Gambar 2.2 <i>Wind Turbine The Sky Dancer – 500</i>	8
Gambar 2.3 <i>Vertical axis wind turbine</i>	10
Gambar 2.4 cara Kerja PLTB.....	11
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Generator	11
Gambar 2.6 Jenis-Jenis Generator.....	12
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Generator Sinkron	14
Gambar 2.8 Konversi Energi Oleh PMSG	15
Gambar 2.9 Generator Sinkron Magnet Permanaen	16
Gambar 2.10 Garis Gaya Magnet	16
Gambar 2.11 Kurva Histerisis Magnetik.....	17
Gambar 2.12 Kurva Karakteristik Bahan Magnet Permanen.....	18
Gambar 2.13 Arah Lilitan Coil.....	19
Gambar 2.14 Konfigurasi Stator Dan Rotor	20
Gambar 2.15 Kaidah Tangan Kanan Fleming	21
Gambar 2.16 Logo Software Magnet 7.5.....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	34
Gambar 4.1 Desain Stator 18 Slot.....	39
Gambar 4.2 Desain Rotor 16 Pole.....	39
Gambar 4.3 Kerangka Pmsg 18s16p	40
Gambar 4.4 Proses Pemberian Nama Dan Material.....	40
Gambar 4.5 Hasil Desain PMSG 18S16P (a)tampak depan (b) samping	41
Gambar 4.6 Pengaturan Finite Element/Mesh	41
Gambar 4.7 Hasil Pengaturan Finite Element/Mesh	42
Gambar 4.8 Grafik Induk Fasa	44
Gambar 4.9 Pengaturan Coil	46
Gambar 4.10 Parameter Kecepatan Putar.....	47

Gambar 4.11	Parameter Transient Options	48
Gambar 4.12	Proses Simulasi Pada Software Magnet Infolytica.....	49
Gambar 4.13	Fluks Magnet Yang Terbentuk.....	49
Gambar 4.14	Rangkaian Coil Tanpa Beban.....	50
Gambar 4.15	Grafik Tegangan Fasa.....	51
Gambar 4.16	Grafik Tegangan Antar Fasa	52
Gambar 4.17	Rangkaian Coil Berbeban R	54
Gambar 4.18	Kurva Hubungan Tegangan Terhadap Kecepatan.....	55
Gambar 4.19	Kurva Hubungan Arus Terhadap Kecepatan.....	56
Gambar 4.20	Kurva Hubungan Torsi Terhadap Kecepatan	57
Gambar 4.21	Kurva Hubungan Daya Input Terhadap Kecepatan.....	58
Gambar 4.22	Kurva Hubungan Daya Output Terhadap Kecepatan.....	59
Gambar 4.23	Kurva Hubungan Efisiensi Terhadap Kecepatan	60

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Kombinasi slot dan pole untuk mesin tiga fasa.....	22
Tabel 2.2 Faktor belitan/Kw (winding faktor)	22
Tabel 3.1 Karakteristik material inti besi M470-50A	30
Tabel 3.2 Karakteristik material magnet Nd2Fe14B 48/11	30
Tabel 3.3 Karakteristik material Copper: 5.77e7 Siemens/m	31
Tabel 4.1 Parameter awal untuk perhitungan dimensi generator	35
Tabel 4.2 Parameter awal untuk perhitungan Stator dan Rotor	36
Tabel 4.3 Dimensi generator sinkron magnet permanen	38
Tabel 4.4 Pencarian induk fasa	42
Tabel 4.5 Kombinasi lilitan	44
Tabel 4.6 Perbandingan opsi 1 dan opsi 2 kombinasi coil	46
Tabel 4.7 Parameter simulasi untuk berbagai kecepatan	48
Tabel 4.8 Tegangan fasa hasil simulasi dan perhitungan	52
Tabel 4.9 Tegangan fasa hasil simulasi dan perhitungan	53
Tabel 4.10 Tegangan fasa dan antar fasa pada kecepatan bervariasi	54
Tabel 4.11 Pengujian generator	55
Tabel 4.12 Tegangan saat kecepatan bervariasi	56
Tabel 4.13 Arus saat kecepatan bervariasi	57
Tabel 4.14 Torsi saat kecepatan bervariasi	58
Tabel 4.15 Daya input saat kecepatan bervariasi	59
Tabel 4.16 Daya input saat kecepatan bervariasi	60
Tabel 4.17 Efisiensi saat kecepatan bervariasi	62
Tabel 4.18 Tegangan saat 375 rpm	62
Tabel 4.19 Arus saat 375 rpm	63
Tabel 4.20 Torsi saat 375 rpm.....	63
Tabel 4.21 Daya input saat 375 rpm.....	64
Tabel 4.22 Daya Output saat 375 rpm.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Desain Permanent Magnet Synchronous Generator 18S16P.....	70
Lampiran 2 Data Hasil Simulasi Tanpa Beban Pada Rancangan Permanent Magnet Synchronous Generator 18S16P	73
Lampiran 3 Data Hasil Simulasi Berbeban Pada Rancangan Permanent Magnet Synchronous Generator 18S16P	78
Lampiran 4 Rangkuman Data Hasil Simulasi Berbeban Diberbagai Kecepatan Pada Rancangan Permanent Magnet Synchronous Generator 18S16P	91