



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI
GENERATOR PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG) PADA
PLTB SKALA MIKRO**

Ferdi Ridho Prayogo
NIM 1712076

Dosen Pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
September 2021



Institut Teknologi Nasional Malang

**SKRIPSI – ENERGI LISTRIK
RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI
GENERATOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS
GENERATOR (PMSG) PADA PLTB SKALA MIKRO**

**Ferdi Ridho Prayogo
NIM 1712076**

Dosen Pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
September 2021



PT BIN (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

Kampus I : Jl. Beringin Srigasari No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax. (0341) 653015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417834 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : FERDI RIDHO PRAYOGO
NIM : 1712076
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020/2021
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI
GENERATOR PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG) PADA
PLTB SKALA MIKRO**

Diperlakukan dihadapan Majelis Pengudi Skripsi Jenjang Strata Satu

(S-1) pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 10 Agustus 2021
Nilai : 78 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Majelis Ketua Pengudi

Dr. Eng. I Komang Soman Wiratama, ST., MT
NIP. P. 1030100361

Sekretaris Majelis Pengudi

Sotyo Hadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309

Anggota Pengudi

Dosen Pengudi I

Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001

Dosen Pengudi II

Ir. Ni Putu Agustini, MT,
NIP. P. 1030100371



RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI
GENERATOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS
GENERATOR (PMSG) PADA PLTB SKALA MIKRO

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Energi Listrik (S-1) Pada

Program Studi Elektro S-1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

Ferdi Ridho Prayogo 1712076

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.

Dr. Irine Bud Sulistiawati, ST., MT.

NIP. 197706152005012002

NIP. 197706152005012002

Mengetahui,



Kelua Jurusan Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.

NIP. P 1030100361

MALANG
September, 2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas Berkah dan Rahmat Allah SWT karena atas ridho-Nya lah penyusunan Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Tujuan dari penyusunan Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2020-2021.

Proses pelaksanaan dan pembuatan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, serta banyak saran dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan, kesabaran serta kemudahan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, doa serta semangat dalam menyelesaikan Skripsi.
3. Bapak Awan Uji Krismanto,ST.,MT., Ph.D., dan Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT. selaku Dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Elektro S1 yang senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
6. Teman-teman Elektro ITN Angkatan 2017 yang selalu mendukung dalam pembuatan skripsi.

Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, September 2021

Penulis

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ferdi Ridho Prayogo
NIM : 17.12.076
Program Studi : Teknik Energi Listrik S-1
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

“RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG) PADA PLTB SKALA MIKRO ”

merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya ilmiah orang lain atau plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika pada kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Malang, Agustus 2021
Yang Membuat Pernyataan



(Ferdi Ridho Prayogo)
17.12.076

RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG) PADA PLTB SKALA MIKRO

**Ferdi Ridho Prayogo
NIM : 1712076**

Konsentrasi Energi listrik, Jurusan Teknik Elektro
S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional Malang Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : fsakup5@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat dari motor induksi yang dimodifikasi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)*. Pembuatan alat terbagi menjadi 2 rancangan yaitu perancangan pada perangkat lunak dan pembuatan pada perangkat keras. Perangkat lunak terdiri dari perancangan pada software solidworks yang digunakan untuk mendesain kerangka generator magnet permanen seperti bagian stator, rotor dan selanjutnya di import menggunakan Software Infolityca MagNet untuk tahap melakukan memasukan material. Pada perangkat keras terdiri dari beberapa komponen yaitu motor induksi, magnet, tembaga, dan mika isolator. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan data hasil dari perhitungan dan pengujian alat. Hasil dari permanent magnet synchronous generator adalah dapat merealisasikan penggunaan motor induksi tiga fasa sebagai generator pada PLTB mikro. Pada hasil pengujian dilakukan kecepatan nominal yang berbanding lurus terhadap tegangan fasa R, S, dan T yang mana pada kecepatan nominal 750 rpm menghasilkan tegangan tanpa beban (R-S) 48,4 VAC dan Tegangan (R-N) 47,2 VAC.

Kata Kunci : Motor Induksi, PMSG.

**RANCANG BANGUN MOTOR INDUKSI SEBAGAI
GENERATOR *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS*
GENERATOR (PMSG) PADA PLTB SKALA MIKRO**

**Ferdi Ridho Prayogo
NIM : 1712076**

Konsentrasi Energi listrik, Jurusan Teknik Elektro
S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional Malang Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : fsakup5@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to develop a device from induction motor that is modified into *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)*. Making tools are divided into 2 plannings, namely design on software and manufacture on hardware. The software consists of a design on solidworks software which is used to design a permanent magnet generator frame such as the stator, rotor and then imported using Infolytica MagNet Software for the stage of entering the material. The hardware consists of several components, namely induction motors, magnets, copper, and mica insulators. The method used in this study is to compare the data from the calculations and testing tools. The result of the permanent magnet synchronous generator is that it can realize the use of a three-phase induction motor as a generator in micro-power plants. In the test results, the nominal speed is directly proportional to the phase voltages R, S, and T which at a nominal speed of 750 rpm produces a no-load voltage (R-S) of 48,4 VAC and a voltage (R-N) of 47,2 VAC.

Keywords: *Induction motor, PMSG.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	
SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Motor Induksi Tiga Fasa.....	4
2.2 Generator.....	6
2.3 Generator Sinkron	6
2.4 Turbin Angin	7
2.5 Permanent Magnet Synchronous Generator .. (PMSG).....	8
2.6 Bagian-Bagian Generator	9
2.6.1 <i>Air Gap</i>	10
2.6.2 Stator.....	11
2.6.3 Rotor	12
2.6.4 FluxLinkage	13
2.6.5 <i>Back EMF</i>	14
2.6.6 Magnet Permanen Neodymium.....	15
2.7 Lilitan Generator	17
2.8 Kecepatan Putar Generator	18

2.9	Tegangan Keluaran Generator.....	18
2.10	Menentukan Frekuensi Generator.....	19
2.11	Menghitung Arus Generator.....	19
2.12	Daya Generator.....	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1.	Pendahuluan	21
3.2.	Flowchart.....	22
3.2.1	Flowchart Penelitian Skripsi.....	22
3.2.2	Flowchart Perakitan dan Pengujian Alat	23
3.3.	Blok Diagram	24
3.4.	Jadwal Kegiatan.....	25
3.5.	Spesifikasi Motor Induksi	25
3.5.1	Geometri Rotor dan Stator Motor Induksi..	25
3.6.	Perancangan dan Pembuatan PMSG.....	26
3.6.1	Desain Pemodelan PMSG menggunakan Software Solidwork.....	26
3.6.2	Desain Pemodelan Permanent Magnet Synchronous Generator Menggunakan Software Infolytica MagNet	27
3.6.3	Pembuatan dan Perakitan Permanent Magnet Synchronous Generator	28
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1	Pemodelan Konversi Motor Induksi menjadi PMSG	29
4.1.1	Perencanaan Jumlah Kutub	29
4.1.2	Perhitungan Jumlah Lilitan	30
4.1.3	Perencanaan Frekuensi.....	30
4.1.4	Perancangan Tegangan Keluaran	31
4.1.5	Perhitungan Daya Generator	31
4.1.6	Perhitungan Arus Generator.....	31
4.2	Pengujian saat Tidak Berbeban	32
4.2.1	Tujuan Pengujian	32

4.2.2	Hasil Pengujian line R to S dan Line R to Netral	32
4.2.3	Pengujian Hubung Delta tanpa Beban.....	35
4.2.4	Pengujian Hubung Bintang tanpa Beban ...	38
4.3	Pengujian saat Berbeban.....	40
4.3.1	Tujuan Pengujian.....	40
4.3.2	Hasil Pengujian PMSG Dengan Beban	40
BAB V	PENUTUP	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor Induksi Tiga Fasa	4
Gambar 2.2 Konstruksi Stator Motor Induksi Tiga Fasa	5
Gambar 2.3 Konstruksi rotor sangkar dan rotor lilit.....	5
Gambar 2. 4 Generator Sinkron.....	6
Gambar 2. 5 Turbin angin	8
Gambar 2.6 Bagian-Bagian Generator.....	10
Gambar 2.7 Celah Udara.....	11
Gambar 2.8 Stator [6]	12
Gambar 2.9 Rotor	13
Gambar 2.10 Koil satu putaran membawa arus $i(t)$	14
Gambar 2.11 Kurva Karakteristik Bahan Magnet Permanen	16
Gambar 2.12 Lilitan Secara Distributed.....	18
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian Skripsi	22
Gambar 3.2 Flowchart Perakitan dan Pengujian Alat	23
Gambar 3.3 Blok Diagram.....	24
Gambar 3.4 Perancangan 2D bagian stator 24 slot dan bagian rotor 8 pole.....	26
Gambar 3.5 Hasil perancangan generator pada Software Infolytica Magnet	28
Gambar 3.6 Perendaman Motor Menggunakan Thinner.....	29
Gambar 3.7 Bagian Stator yang dilapisi mika isolator.....	29
Gambar 3.8 Lilitan disusun menjadi 3 fasa.....	29
Gambar 3.9 Bagian Rotor yang sudah dilakukan modifikasi	29
Gambar 4.1 Pengujian Fasa ke Netral.....	34
Gambar 4.2 Pengujian Hubung Delta Tanpa Beban	29
Gambar 4.3 Pengujian Hubung Bintang Tanpa Beban	39
Gambar 4.4 Pengujian Dengan Beban Hubung Delta.....	41
Gambar 4.5 Pengujian PMSG Dengan Beban	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan.....	25
Tabel 3.2 Ukuran Motor Induksi.....	25
Tabel 3.3 Material dan Komponen PMSG.....	27
Tabel 4.1 Parameter awal motor	29
Tabel 4.2 Pengujian PMSG Tanpa Beban	32
Tabel 4.3 Pengujian Hubung Delta tanpa Beban.....	35
Tabel 4.4 Pengujian Hubung Bintang tanpa Beban	38
Tabel 4.5 Pengujian PMSG Dengan Beban	40