

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL  
INTI BESI TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR  
SINKRON MAGNET PERMANEN**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro



Oleh:

Rouli Gitamarta Munthe

NIM. 1708085

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2021**

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI  
TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET  
PERMANEN**

Oleh  
Rouli Gitamarta Munthe

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas  
Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Rouli Gitamarta Munthe 2021  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, di *fotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ROULI GITAMARTA MUNTHE**

**E. 5051.1704900**

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI  
TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET  
PERMANEN**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

28/21  
7

**Dr. Tasma Sucita, ST., M.T.**

NIP. 19641007 199101 1 001

Pembimbing II

**Wasimudin Surya Saputra, S.T., M.T.**

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro

**Dr. H. Yadi Mulvadi, M.T.**

NIP. 19630727 199302 1 001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengaruh Perubahan Geometri Dan Material Inti Besi Terhadap GGL Dan Efisiensi Generator Sinkron Magnet Permanen” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2021

Yang Menyatakan

Rouli Gitamarta Munthe

NIM. 1708085

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan Kesehatan, kemudahan, dan pengetahuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Perubahan Geometri Dan Material Inti Besi Terhadap GGL Dan Efisiensi Generator Sinkron Magnet Permanen”.

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menyadari bahwa tidak menutup kemungkinan didalam skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan parapembaca.

Pada kesempatan ini penulis berterimakasih kepada berbagai pihak atas bimbingan, saran, dan dukungan yang telah diberikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada orang tua penulis yang selalu mendoakan dan tak henti memberi dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Dosen pembimbing I, bapak Dr. Tasma Sucita, ST., M.T., yang telah memberikan petunjuk dan nasehat selama penulisan skripsi ini.
3. Dosen pembimbing II, bapak Wasimudin Surya Saputra, S.T., M.T., atas bimbingan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Staf dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
5. Muhammad Alroshady Said S.T selaku mentor yang telah membimbing dan memberikan saran kepada penulis.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro angkatan 2017, atas segala bantuan dan semangat yang telah diberikan.
7. Semua pihak yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.

Bandung, Juli 2021

Penulis

## ABSTRAK

Sebagian besar pembangkit listrik yang digunakan di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil seperti batu bara. Tetapi pembangkit listrik pembangkit listrik berbahan bakar batubara memiliki kelemahan yaitu menyebabkan emisi karbon dioksida, polusi, limbah, dan lain lain. Oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif lain seperti energi potensial angin. Walaupun kecepatan angin di Indonesia selalu berubah-ubah tetapi energinya masih dapat dimanfaatkan. Dengan menggunakan generator, energi mekanik yang didapatkan dari bilah yang berputar dapat dikonversi menjadi energi listrik, tetapi untuk meningkatkan efisiensinya diperlukan pengembangan generator seperti pada perubahan material inti besi dan ukuran geometri pada generator. Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) biasanya menggunakan generator asinkron tetapi pada penelitian ini generator yang digunakan berjenis sinkron, hal ini dikarenakan generator sinkron lebih efisien digunakan pada skala mikro.

Pada penelitian ini didesain model GSMP 18 Slot 8 Pole menggunakan Software Design Electromagnetic berbasis FEM untuk mengetahui nilai GGL dan efisiensi generator dengan mengubah geometri dan material inti besi.

Dari hasil penelitian, material inti besi yang digunakan memiliki kemampuan daya tampung medan magnet yang berbeda-beda dan akan berpengaruh pada perubahan nilai GGL dan efisiensi, sedangkan perubahan berupa penurunan ukuran geometri lingkaran berpengaruh pada turunnya nilai GGL dan efisiensi. Berdasarkan hasil simulasi, material inti besi dan geometri yang memberikan hasil terbaik adalah Hiperco 50A 0.006 tanpa pengurangan geometri lingkaran sebesar 5mm.

**Kata kunci:** generator, material inti besi, geometri

## ABSTRACT

*Most of power plants in Indonesia use fossil fuel and coal. But coal-fired power plants shortcoming like carbondioxide emmiton, polluton, chemical waste, etc. Thus, there is need to have alternative energy like wind energy which can be used in Indonesia although they have unstable wind speed but still can be used. By using a generator, the mechanical energy obtained from spin of wind blade can be converted become electrical energy. But to increase the efficiency, we need to upgrade the generator, such as changes in the iron core material and the size of the geometry on the generator. Usualy wind power plant use asynchronous generator, but this study only use synchronous generator because the efficiency used in micro scale.*

*In this study, the GSMP 18 Slot 8 Pole model was designed using FEM-based Electromagnetic Design Software to determine the value of GGL and generator efficiency by changing geometry size and iron core material..*

*This study conclude that iron core material used have a different magnetic field capacity which give an impact to value of emf and efficiency, while decreasing geometry size also give a decreasing impact to emf value and efficiency. Based on the simulation results, the best iron core material and geometry size used are Hiperco 50A 0.006 without decreasing 5mm circle geometry.*

**Keyword:** generator, iron core material, geometry

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	ii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu .....	5
2.2 Generator Sinkron .....	5
2.2.1 Konstruksi Generator Sinkron.....	5
2.2.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	7
2.2.3 Persamaan Torsi, Daya, dan Efisiensi pada Generator .....	7
2.3 Rugi-rugi Generator .....	8
2.3.1 Rugi Arus Pusar ( <i>Eddy Current</i> ).....	8
2.3.2 Rugi Histerisis.....	9
2.3.3 Rugi Inti Besi .....	9
2.4 Generator Sinkron Magnet Permanen (GSMP).....	9
2.4.1 Prinsip Kerja GSMP.....	9
2.5 Material Inti Besi.....	10
2.6 Kurva B-H .....	11

Rouli Gitamarta Munthe, 2021

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



2.7	Permeabilitas Magnetik .....	11
2.8	<i>Software Design Electromagnetic</i> .....	12
2.9	Metode <i>Finite Element</i> (FEM) .....	12
2.10	Penelitian Relevan .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....		15
3.1	Desain Penelitian .....	15
3.2	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	15
3.3	Variabel Penelitian .....	15
3.4	Prosedur Penelitian.....	17
3.5	Metode Pengumpulan Data .....	18
3.5.1	Observasi atau Pengamatan.....	18
3.5.2	Studi Literatur .....	18
3.6	Analisis Data .....	20
3.7	Tahapan Simulasi Generator .....	22
3.7.1	Perancangan Model GSMP 18 Slot 8 Pole .....	22
3.7.2	Proses <i>Mesh</i> .....	23
3.7.3	Pengujian.....	24
3.8	Hasil Perhitungan Rugi-rugi Generator.....	25
3.9	Data Penunjang Sifat – Sifat Material .....	27
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Temuan Hasil Penelitian .....	31
4.1.1	Perubahan Geometri dan Material Inti Besi Terhadap Nilai Keluaran Generator.....	31
4.1.2	<i>Flux Function</i> model GSMP 18 Slot 8 Pole .....	35
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian.....	38

4.2.1	Pengaruh Perubahan Ukuran Geometri dan Material Inti Besi Terhadap Nilai Keluaran Generator .....	38
4.2.2	Pengaruh <i>Flux Function</i> model GSMP 18 Slot 8 Pole .....	39
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI .....		41
5.1	Simpulan.....	41
5.2	Implikasi .....	41
5.3	Rekomendasi .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		42
LAMPIRAN.....		44

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Material Variabel Bebas GSMP 18 Slot 8 Pole.....	15
Tabel 3.2 Geometri Generator.....	16
Tabel 3.3 Daftar Material Variabel Kontrol GSMP 18 Slot 8 Pole .....	16
Tabel 3.4 Rugi Histerisis dan Rugi Arus Pusar Pada Perubahan Material Inti Besi .....	26
Tabel 3.5 Rugi Inti Besi ( <i>Iron Loss</i> ) Pada Perubahan Material Inti Besi .....	26
Tabel 3.6 Rugi Histerisis dan Rugi Arus Pusar Pada Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi .....	27
Tabel 3.7 Rugi Inti Besi ( <i>Iron Loss</i> ) Pada Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi .....	27
Tabel 4.1 Data 6 Karakteristik GSMP Akibat Perubahan Material Inti Besi .....	31
Tabel 4.2 Data 6 Karakteristik GSMP Akibat Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi .....	32
Tabel 4.3 Data GGL GSMP Akibat Perubahan Material Inti Besi .....	34
Tabel 4.4 Data GGL GSMP Akibat Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi.....	34
Tabel 4.5 Nilai Keluaran Generator GSMP Material TR52: USS Transformer 52 -- 29 Gage .....	35
Tabel 4.6 <i>Flux Function</i> Perubahan Material Inti Besi.....	36
Tabel 4.7 <i>Flux Function</i> Pada Perubahan Pengurangan Geometri Lingkaran dan Material Inti Besi.....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Kontruksi Generator Sinkron.....	6
Gambar 2.2 Kerangka Stator Pada Generator Sinkron .....	6
Gambar 2.3 Bentuk Rotor Pole Menonjol dan Pole Silinder.....	7
Gambar 2.4 Kategori Material Inti Besi.....	10
Gambar 2.5 Kurva B-H Beberapa Bahan Inti Magnet.....	11
Gambar 2.6 Model Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole.....	13
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian .....	17
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Metode Pengumpulan Data .....	18
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Analisis Data.....	20
Gambar 3.4 Data Tegangan, Torsi, dan Arus Hasil Simulasi .....	21
Gambar 3.5 Data Tegangan R-S, S-T, dan T-R .....	21
Gambar 3.6 ¼ Model Garis GSMP 18 Slot 8 Pole .....	23
Gambar 3.7 ¼ Model GSMP 18 Slot 8 Pole.....	23
Gambar 3.8 Tampilan Proses <i>Mesh</i> .....	24
Gambar 3.9 Pengaturan <i>Motion</i> .....	24
Gambar 3.10 Simulasi Model GSMP 18 Slot 8 Pole.....	25
Gambar 3.11 Tampilan Hasil Simulasi Model GSMP 18 Slot 8 Pole.....	25
Gambar 3.12 Data Hasil Simulasi Rugi Histeris dan Rugi Arus Pular .....	25
Gambar 3.13 Kurva Sifat Material HyMu 80 0.014 .....	28
Gambar 3.14 Kurva Sifat Material Arnon 5.....	28
Gambar 3.15 Kurva Sifat Material TR52: USS Transformer 52 -- 29 Gage.....	29
Gambar 3.16 Kurva Sifat Material M1000-100A.....	29
Gambar 3.17 Kurva Sifat Material Hiperco 50A 0.006.....	30
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan.....	32
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Arus.....	32
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Torsi .....	33
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai $P_{in}$ .....	33
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai $P_{out}$ .....	33
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi .....	34
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai GGL .....	35

Rouli Gitamarta Munthe, 2021

**PENGARUH PERUBAHAN GEOMETRI DAN MATERIAL INTI BESI TERHADAP GGL DAN EFISIENSI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 4.8 <i>Flux Function</i> Perubahan Material HyMu 80 0.014 dan Arnon 5 ....	36
Gambar 4.9 <i>Flux Function</i> Perubahan Material M1000-100A dan Hiperco 50A 0.006.....	36
Gambar 4.10 <i>Flux Function</i> Perubahan Material serta Geometri HyMu 80 0.014 dan Arnon 5.....	37
Gambar 4.11 <i>Flux Function</i> Perubahan Material serta Geometri M1000-100A dan Hiperco 50A 0.006.....	37
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai <i>Flux Function</i> .....	38

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifianto, I., & Hs, M. R. (2018). Analisa Efisiensi dan Rancang Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet 7.5. 6.
- Berahim, Ir. H. (1991). *PENGANTAR TEKNIK TENAGA LISTRIK (Pertama)*. ANDI OFFSET.
- Budiman, A., Asy'ari, H., & Hakim, A. R. (2012). *DESAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN UNTUK SEPEDA LISTRIK*. 12(01), 9.
- Bandri, S., & Tio, M. A. (2018). *MATERIAL SELECTION ANALYSIS AND MAGNET SKEWING TO REDUCE COGGING TORQUE IN PERMANENT MAGNET GENERATOR*. 14.
- Chapman, S. J. (2012). *Electric Machinery Fundamentals* (5th ed). McGraw-Hill.
- Callister, W. D. (2007). *Materials science and engineering: An introduction* (7th ed). John Wiley & Sons.
- Essam S., H. (1994). *Design of Small Electrical Machine*. WILEY.
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric machinery* (6th ed). McGraw-Hill.
- Indriani, A. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. 9(2), 10.
- Mulyadi, M. (2013). RISET DESAIN DALAM METODOLOGI PENELITIAN. *Jurnal Studi Komunikasi dan Media*, 16(1), 71.
- Noer, M. (2017). ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR DI PLTG BORANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB. *Jurnal Ampere*, 2(2), 103.
- Publikasi Kementerian ESDM. (2016). *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Publikasi PLN. (2014). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2015—2024*. PT PLN (Persero).
- Saputra, R., & Aini, Z. (2021). *Analisis Pengaruh Ketebalan dan Jenis Inti Besi Rotor Stator terhadap Karakteristik Generator Sinkron Magnet Permanen 18S16P Fluks Radial*. 18(2), 8.
- Siagian, P. (2020). *Rekayasa Penanggulangan Fluktuasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vehicle to Grid (V2G)*. 6.
- Simbolon, S., Pringo Tetuko, A., Kurniawan, C., Sebayang, K., & Sebayang, P. (2017). Pengaruh Geometri dan Kuat Medan Permanen dari Magnet Permanen NdFeB Terhadap Output Generator Fluks Aksial. *PISTON: Journal of Technical Engineering*, 1(1).
- Taufik, ., Mulyani, E., Santosa, S., & Kusminarto, . (2012). *ANALISIS KOMPOSISI DAN KURVA B-H BAHAN LOW CARBON STEEL PT. KRAKATAU STEEL MENGGUNAKAN VSM DAN EDX UNTUK KEPERLUAN DESAIN MAGNET SIKLOTRON 13-MeV*. 13, 7.
- Zuhal. (2000). *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. PT Gramedia Pustaka Utama.