

**ANALISIS PENGARUH *FLUX BARRIER* TERHADAP
EFISIENSI PADA *WINDING PMSG*
(*PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR*)
12 *SLOT 8 POLE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE MAGNET*
*INFOLYTICA***

SKRIPSI



Diajukan oleh:

NUGROHO NOTO SUSANTO

NIM: 1808026027

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

**ANALISIS PENGARUH *FLUX BARRIER* TERHADAP
EFISIENSI PADA *WINDING PMSG*
(*PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR*)
12 *SLOT 8 POLE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE MAGNET*
*INFOLYTICA***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Fisika dalam Ilmu Fisika



Diajukan oleh:

NUGROHO NOTO SUSANTO

NIM: 1808026027

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2022

ABSTRAK

Kincir Angin merubah energi angin menjadi energi mekanik putar untuk diteruskan kedalam Generator. Salah satu jenis generator yaitu *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG). Pada penelitian ini dilakukan perancangan PMSG dengan menggunakan software *MagNet Infolytica Trial Edition*. Rancangan yang akan dibuat menggunakan konfigurasi 12 slot 8 pole (12S8P). PMSG disimulasikan untuk mengetahui pengaruh *flux barrier* terhadap aliran flux pada stator dan efisiensi pada *winding* PMSG 12S8P. Semakin lebar flux barrier yang digunakan semakin banyak fluks magnet yang mengalir melaiu teeth stator sehingga dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan generator.. Efisiensi maksimum PMSG 12S8P sebesar 92% dicapai pada kecepatan 5000 RPM dengan menggunakan flux barrier 3.5mm.

Kata Kunci: PMSG, Flux Barrier, Winding

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb.

Alhamdulillahirrobil ‘alamin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh *Flux Barrier* Terhadap Efisiensi Pada *Winding* PMSG (*Permanent Magnet Synchronous Generator*) 12 Slot 8 Pole Menggunakan *Software Magnet Infolytica*”. Shalawat serta salam senantiasa turunkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi kita semua. Penulisan skripsi ini diselesaikan untuk mengakhiri kegiatan perkuliahan di jenjang sarjana dan sebagai syarat wajib untuk mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufik, M. Ag., selaku rektor Universitas Islam negeri Walisongo.

2. Dr. Ismail, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Agus Sudarmanto, M. Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Agus Sudarmanto, M. Si., selaku Pembimbing I dan Fachrizal Rian P, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. ricky elson., selaku pembimbing lapangan penelitian.
6. Segenap dosen dan staf Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
7. Karso dan Sri Lestari, selaku orang tua penulis yang telah memberi dukungan moril maupun materil serta yang tiada henti kepada penulis.
8. Saudara-saudaraku Agung Nugroho dan Heti Kurniawati yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Sahabat-sahabatku serta teman seperjuangan Sisor, Jujum, Andika, kafa, dan Criwiel yang selalu

memberikan dukungan, bantuan, semangat dan menjadi tempat keluh kesah penulis.

10. Teman-teman kontrakan Banggal yang selalu memberikan dukungan, bantuan, semangat dan menjadi tempat keluh kesah penulis.
11. Teman-teman Fisika 2018 yang telah memberikan dukungan dan semangat serta kenangan indah bersama selama masa perkuliahan.
12. Teman-teman Ciheras University yang telah memberikan dukungan dan semangat serta kenangan indah bersama selama masa magang.
13. Segenap teman-teman Ikatan Mahasiswa Fisika yang telah dukungan, semangat dan menjadi tempat keluh kesah penulis.
14. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT menerimanya sebagai amal sholih, dan dapat menjadikan perantara bagi kita memdekatkan diri kepada Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih perlu penyempurnaan baik dari segi isi maupun metodologi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan guna memperbaiki dan

penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya. Aamiin ya Robbal “alamin.

Semarang, 17 April 2023

Penulis,

Nugroho Noto Susanto

NIM. 1808026027

PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof Dr. Hamka Ngalyan Semarang Telp. 024 – 7601295 Fax. 7615387

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Analisis Pengaruh Flux Barrier Terhadap Efisiensi Pada Winding Pmsg (Permanent Magnet Synchronous Generator) 12 Slot 6 Pole Menggunakan Software Magnet Infolytica

Penulis : Nugroho Noto Susanto

Nim : 1808026027

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang skripsi oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Fisika

Semarang, 4 April 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua,

Agus Sudarmanto, M.Si

NIP. 19770823 200912 1 001

Penguji I,

Arsini, M.Sc

NIP. 19840812 201101 2011

Pembimbing I,

Agus Sudarmanto, M.Si

NIP. 19770823 200912 1 001

Sekretaris,

Istikomah, M.Sc

NIP. 19901126201903 2 021

Penguji II,

Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc

NIP. 19770320 200912 1002

Pembimbing II,

Fajrizaril Rian P, S.Pd., M.Sc

NIP. 19890626 201903 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nugroho Noto Susanto

NIM : 1808026027

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

ANALISIS PENGARUH FLUX BARRIER TERHADAP EFISIENSI PADA WINDING PMSG (PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR) 12 SLOT 8 POLE MENGGUNAKAN SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA. Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya.

Semarang, 21 Desember 2022

Pembuat pernyataan



Nugroho Noto Susanto

NIM. 1808026027

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 21 Desember 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Analisis Pengaruh Flux Barrier Terhadap Performa Output
Pada Winding Pmsg (Permanent Magnet Synchronous
Generator) 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet
Infolytica

Nama : Nugroho Noto Susanto

NIM : 1808026027

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I,



Agus Sudarmanto, M.Si
NIP. 19770823 200912 1 001

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, 21 Desember 2022

Yth. Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Analisis Pengaruh Flux Barrier Terhadap Performa Output Pada Winding Pmsg (Permanent Magnet Synchronous Generator) 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet Infolytica

Nama : Nugroho Noto Susanto

NIM : 1808026027

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II,



Fachrizal Rian P, S.Pd., M.Sc
NIP. 19890626 201903 1 001

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| SKRIPSI | i |
| ABSTRAK..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING | vii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | viii |
| NOTA DINAS | ix |
| NOTA DINAS | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 7 |
| C. Tujuan Penelitian..... | 8 |
| D. Batasan Masalah | 8 |
| E. Manfaat Penelitian | 9 |
| BAB II..... | 10 |
| LANDASAN PUSTAKA..... | 10 |
| A. Kajian Teori..... | 10 |
| 1. Generator | 10 |
| 2. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 3. <i>Flux Linkage</i> | 14 |
| 4. <i>Winding</i> | 15 |
| 5. Software MagNet 7.5 Infolytica..... | 16 |
| 6. <i>Flux Barrier</i> | 18 |
| 7. Tegangan | 19 |
| 8. Arus Listrik | 20 |
| 9. Daya | 21 |
| 10. Efisiensi | 22 |
| B. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan | 23 |
| BAB III | 25 |
| METODE PENELITIAN | 25 |
| A. Tempat dan Waktu Penelitian..... | 25 |
| 1. Tempat Penelitian | 25 |
| 2. Waktu Penelitian | 26 |
| B. Alat dan Bahan..... | 26 |
| 1. Alat..... | 26 |
| 2. Bahan..... | 27 |
| C. Metode Pengambilan Data..... | 28 |
| 1. Metodologi Pelaksanaan Penelitian | 28 |
| 2. Variasi Geometri <i>Flux Barrier</i> PMSG 12 Slot 8 Pole | 30 |
| 3. Rangkaian <i>Coil</i> PMSG 12 Slot 8 Pole | 34 |
| BAB IV | 35 |
| HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 1. Pendesainan PMSG 12s8p Pada Software <i>MagNet Infolytica</i> | 35 |
| 2. Pengaruh Geometri <i>Flux Barrier</i> Terhadap Aliran Fluks Magnet..... | 41 |
| a. Desain Tanpa <i>Flux Barrier</i> | 41 |
| b. Desain Lebar <i>Flux Barrier</i> 1,5 mm | 43 |
| c. Desain Lebar <i>Flux Barrier</i> 3,5 mm | 44 |
| d. Desain Lebar <i>Flux Barrier</i> 6,5 mm | 46 |
| 3. Pengaruh Geometri <i>Flux barrier</i> dan Kecepatan Putar Rotor Terhadap Efisiensi..... | 47 |
| a. <i>Flux barrier</i> di kecepatan putar 1000 RPM..... | 47 |
| b. <i>Flux barrier</i> di kecepatan putar 2000 RPM..... | 49 |
| c. <i>Flux barrier</i> di kecepatan putar 3000 RPM..... | 50 |
| d. <i>Flux barrier</i> di kecepatan putar 4000 RPM..... | 52 |
| e. <i>Flux barrier</i> di kecepatan putar 5000 RPM..... | 54 |
| BAB V | 58 |
| SIMPULAN DAN SARAN | 58 |
| A. Simpulan..... | 58 |
| B. Saran | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| LAMPIRAN I | 65 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Komponen dan <i>Tools</i> Bahan Generator | 27 |
| Tabel 4. 1 Parameter Desain Generator 12 Slot 8 Pole | 37 |
| Tabel 4. 2 Data Pengujian Pada Kecepatan 1000 RPM | 48 |
| Tabel 4. 3 Data Pengujian Pada Kecepatan 2000 RPM..... | 49 |
| Tabel 4. 4 Data Pengujian Pada Kecepatan 3000 RPM..... | 51 |
| Tabel 4. 5 Data Pengujian Pada Kecepatan 4000 RPM..... | 53 |
| Tabel 4. 6 Data Pengujian Pada Kecepatan 5000 RPM..... | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Generator Radial dan Axial | 12 |
| Gambar 2. 2 Desain 14 Model PMSG 12 Slot 8 Pole | 14 |
| Gambar 2. 3 Gelombang Concentrated Winding | 16 |
| Gambar 2. 4 halaman software magnet infolytica..... | 17 |
| Gambar 3. 1 Maps PT. Lentera Bumi Nusantara | 25 |
| Gambar 3. 2 Laboratorium FST UIN Walisongo | 26 |
| Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian | 29 |
| Gambar 3. 4 Generator Tanpa <i>Flux Barrier</i> | 30 |
| Gambar 3. 5 Generator dengan <i>Flux Barrier</i> 1,5mm..... | 31 |
| Gambar 3. 6 Generator dengan <i>Flux Barrier</i> 3,5mm..... | 32 |
| Gambar 3. 7 Generator dengan <i>Flux Barrier</i> 6,5mm..... | 33 |
| Gambar 3. 8 Rangkaian <i>Coil</i> PMSG 12 Slot 8 Pole | 34 |
| Gambar 4. 1 Sketsa Generator 12 slot 8 pole | 36 |
| Gambar 4. 2 Inisialisasi Dan Penentuan Material..... | 38 |
| Gambar 4. 3 Pengaturan Motion Untuk Memutar Rotor | 39 |
| Gambar 4. 4 Pengaturan <i>Transient</i> | 40 |
| Gambar 4. 5 Flux Generator Tanpa <i>Flux Barrier</i> | 41 |
| Gambar 4. 6 Flux Generator Dengan <i>Flux Barrier</i> 1.5 mm | 43 |
| Gambar 4. 7 Flux Generator Dengan <i>Flux Barrier</i> 3.5 mm | 45 |
| Gambar 4. 8 Flux Generator Dengan <i>Flux Barrier</i> 6.5 mm | 46 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Listrik memegang peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Selain untuk kebutuhan rumah tangga, listrik juga berfungsi untuk menggerakkan roda perekonomian negara. Kebutuhan listrik Indonesia yang sangat tinggi tidak diimbangi dengan ketersediaan listrik dan tingkat elektrifikasi yang relatif rendah di beberapa wilayah Indonesia. Pada tahun 2018, tingkat elektrifikasi nasional telah mencapai 98,08%. Tingkat elektrifikasi ini meningkat dari 94,91% pada tahun sebelumnya (Catur & Winardi, 2020).

Permintaan energi listrik terus meningkat sedangkan keadaan sumber daya alam fosil semakin langka. Maka dikembangkan pemanfaatan energi terbarukan yang didapatkan dari lingkungan seperti air, gelombang laut, radiasi matahari, energi panas bumi, dan tenaga angin Arifianto & Rangga, (2018). Dalam Al-Qur'an surat Al-Jasyiah ayat 13 juga menjelaskan tentang memanfaatkan karunia Allah SWT berupa sumber daya alam.

وَسَحَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيْعًا مِّنْهُ لِيَنَّ فِيْ ذٰلِكَ لٰاِيٰتٍ
لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ (۱۳)

Artinya : Dan Dia menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir (Kemenag, 2022).

Dijelaskan dalam tafsir An-Nafahat Al-Makkiyah Surat Al-Jatsiyah ayat 13: (Dan Dia menundukkan untuk kalian apa yang ada di langit) berupa matahari bulan bintang-bintang, air hujan dan lain-lainnya (dan apa yang ada di bumi) berupa binatang-binatang, pohon-pohonan, tumbuh-tumbuhan, sungai-sungai dan lain-lainnya. Maksudnya, Dia menciptakan kesemuanya itu untuk dimanfaatkan oleh kalian (semuanya) lafal *Jamii'an* ini berkedudukan menjadi *Taukid*, atau mengukuhkan makna lafal sebelumnya (dari-Nya), lafal *Minhu* ini menjadi hal atau kata keterangan keadaan, maksudnya semuanya itu ditundukkan oleh-Nya. (Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaan dan keesaan Allah bagi kaum yang berpikir) mengenainya, karena itu lalu mereka beriman.

Energi angin merupakan salah satu energi yang dapat dikembangkan di Indonesia. Meskipun kecepatan angin di Indonesia yang terus berubah bukan berarti tidak memiliki peluang untuk dapat dimanfaatkan. Energi angin dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Energi angin memutar bilah kincir angin yang digabungkan ke generator, memungkinkan generator untuk melakukan proses konversi energi (Supardi *et al.*, 2013).

Generator berkembang pesat terutama dalam bidang energi terbarukan, salah satunya energi listrik yang menggunakan sumber energi yang bergerak lambat. Penggunaan sumber energi yang pergerakannya lambat, seperti energi angin dapat dikonversi dengan sangat baik menjadi energi listrik. Konversi angin membutuhkan generator yang dapat diputar oleh angin walaupun dalam skala kecepatan yang kecil. Dalam kasus seperti itu, inovasi dalam efisiensi generator diperlukan. *Permanent Magnet Synchronous Generators* (PMSG) sangat umum diterapkan dalam konversi energi terbarukan skala mikro seperti Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) (Cakra & Santosa, 2022).

PMSG merupakan jenis generator sinkron yang memiliki tingkat efisiensi tinggi karena tidak ada rugi-rugi

eksitasi yang dihasilkan, sehingga banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga angin. Rugi eksitasi adalah pengurangan tenaga pada suatu sistem yang mengalihkannya dari keadaan dasarnya ke suatu keadaan dengan tenaga yang lebih rendah. PMSG berputar dengan 3-*phasa* stator sebagaimana generator induksi pada umumnya. Magnet permanen bisa terpasang pada permukaan ataupun tertanam pada rotornya (Septiyan *et al.*, 2019).

Pada penelitian pengaruh *flux barrier* terhadap efisiensi pada *winding* PMSG, digunakan model generator dengan konfigurasi 12 *slot* 8 *pole*. Desain PMSG 12 *slot* 8 *pole*, terpasang 12 *coil* pada stator serta 8 buah magnet yang berada pada rotornya. Konfigurasi 12 *slot* 8 *pole* dipilih karena merupakan konfigurasi yang paling sederhana sehingga akan lebih mudah untuk melakukan variasi desain pada tiap komponennya Bagus *et al.*(2022). Dengan menggunakan konfigurasi tersebut, maka terdapat jarak diantara tiap masing-masing magnet yang dapat digunakan untuk meletakkan *flux barrier*.

Cara kerja generator menggunakan induksi elektromagnetik. Generator permanen magnet menimbulkan *flux* pada kutub rotor yang memotong lilitan *armature* sehingga menimbulkan GGL bolak-balik pada

ujung stator yang menyebabkan lilitan *armatur* stator menghasilkan tegangan induksi Sumantri & Nuryadi(2019). Peran rotor adalah menciptakan medan magnet utama dan stator bertindak sebagai penerima induksi magnet yang berubah ketika rotor berputar atau bergerak. PMSG tersusun dari dua komponen utama yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian generator yang berputar dan didalamnya terdapat magnet permanen dan *flux barrier*. Stator merupakan bagian yang diam dari generator dan berfungsi sebagai tempat menerima induksi magnet dari rotor. Stator merupakan *casing* generator dimana *coil*, *teeth core* dan *stator core* terpasang (Octa & Yasri, 2018).

Komponen yang digunakan dalam generator dirancang menggunakan *software MagNet Infolytica* Octa&Yasri(2018). *Software* ini dapat digunakan untuk menganalisis distribusi fluks magnet dari desain generator yang telah dibuat. Struktur generator dapat dilihat dan diubah sesuai keinginan tanpa harus membuatnya terlebih dahulu KHOLIS(2020). Cara ini dapat mengurangi resiko kesalahan saat melakukan pemodelan generator. Dengan menggunakan *software* MagNet, desain generator dapat dengan mudah dimodifikasi serta disimulasikan dengan kecepatan putar tertentu untuk meningkatkan efisiensi yang dihasilkan generator

Arifianto&Rangga(2018). Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi generator yaitu dengan menambahkan *flux barrier*.

Flux barrier merupakan rongga udara yang ditempatkan di dalam rotor untuk mencegah aliran fluks antara magnet permanen yang berdekatan dari rotor. *Flux barrier* dapat dirancang untuk mengurangi rugi-rugi eksitasi stator dan rotor untuk meningkatkan efisiensi generator Bianchi et al.(2009). Besar efisiensi didapatkan dari hasil bagi daya *input* berupa daya mekanik dengan daya *output* yang berupa daya elektrik (Rangga *et al.*, 2018).

penelitian yang dilakukan oleh Sayed et al.(2019) tentang fungsi dan metodologi *flux barrier* untuk meningkatkan performa pada generator. Eksperimen tersebut menguji beberapa desain *flux barrier* untuk mengurangi rugi-rugi eksitasi pada rotor, sehingga didapatkan besar daya yang lebih tinggi pada generator. Penelitian dari Rahmawati *et al.*(2022) membahas pengaruh konfigurasi seri-paralel pada *winding* PMSG terhadap performa *output* generator. Eksperimen tersebut membandingkan tiga konfigurasi rangkaian lilitan tembaga dan tiap konfigurasi di variasikan terhadap kecepatan putar generator.

Berdasarkan uraian di atas, baru menjelaskan penggunaan *flux barrier* untuk mengurangi rugi-rugi eksitasi pada rotor dan peningkatan daya yang dihasilkan generator, tetapi belum menguraikan terkait aliran fluks magnet yang terjadi pada stator dan peningkatan efisiensi yang dihasilkan oleh PMSG 12S8P. Pengujian desain *flux barrier* pada PMSG 12S8P belum pernah dilakukan terhadap beberapa kecepatan putar rotor untuk mendapatkan efisiensi tertinggi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut pada penggunaan *flux barrier*.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yang dijadikan sebagai acuan. Berikut merupakan rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian.

1. Bagaimana mekanisme pendesainan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P pada *software Magnet Infolytica* ?
2. Bagaimana pengaruh geometri *flux barrier* terhadap aliran fluks magnet pada *teeth* stator *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P ?
3. Bagaimana pengaruh geometri *flux barrier* dan kecepatan putar rotor terhadap efisiensi pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yang menjawab rumusan masalah yang ada. Berikut merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Mengetahui mekanisme pendesainan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P pada *software Magnet Infolytica*.
2. Mengetahui pengaruh geometri *flux barrier* terhadap aliran fluks magnet pada *teeth stator Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P.
3. Mengetahui pengaruh geometri *flux barrier* dan kecepatan putar rotor terhadap efisiensi pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P.

D. Batasan Masalah

Permasalahan yang dikaji dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Model generator yang digunakan pada penelitian ini adalah PMSG 12S8P yang didesain menggunakan *software Magnet Infolytica 7.5*.
2. Konfigurasi yang akan diteliti diantaranya desain generator dengan lebar *flux barrier* 1,5 mm, 3,5 mm, 6,5 mm, dan PMSG 12S8P tanpa *flux barrier*.

3. Variabel yang akan dikaji berupa efisiensi yang dihasilkan pada generator.
4. Kecepatan putar yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1000 RPM, 2000 RPM, 3000 RPM, 4000 RPM, dan 5000 RPM.
5. Jumlah lilitan yang digunakan pada desain generator sejumlah 50 lilitan dengan beban hambatan resistor sebesar 10 Ohm.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak:

1. Bagi Peneliti
Menambah pengetahuan tentang sistem yang digunakan pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) dan cara mendesainnya melalui *software Magnet Infolytica 7.5*.
2. Bagi Institusi dan Umum
Memberikan informasi dan referensi bagi Mahasiswa dan khalayak umum yang akan melakukan penelitian dengan tema yang berkaitan.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Generator

Generator merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Fungsi dari generator adalah menghasilkan daya arus bolak-balik. Komponen utama dari generator adalah rotor dan stator (Zuhdi, 2021).

Rotor merupakan bagian yang gerak berputar bersamaan dengan porosnya. Pada PMSG, rotor merupakan tempat menempelnya magnet permanen, dapat diasumsikan bahwa rotor merupakan penghasil medan magnet yang diperlukan dalam pembangkitan tegangan. Rotor akan dihubungkan dengan poros turbin agar dapat berputar. Stator merupakan bagian yang diam dan terletak pada bagian luar menyelimuti rotor. Pada stator terdapat *coil* atau kumparan dimana kumparan tersebut merupakan salah satu komponen untuk tempat terbentuknya tegangan dan arus listrik. Cara kerja stator adalah dengan memotong medan magnet yang terdapat pada ujung-ujung kumparan

stator dan kemudian menimbulkan GGL induksi. (Febri, 2012).

Berdasarkan jumlah fase, generator dibagi menjadi dua: fase tunggal dan tiga fase. Generator satu fasa biasanya digunakan pada peralatan rumah tangga dengan daya keluaran rendah, sedangkan generator tiga fasa memiliki daya keluaran tinggi. generator tiga fase sering digunakan di zona industri berkapasitas tinggi. Salah satu generator yang digunakan untuk sistem konversi energi angin adalah tipe generator sinkron 3 fasa. Fluks magnet yang muncul dalam kumparan tiga fase diasumsikan sinusoidal seperti pada gambar 2.3 (Abidin et al., 2013).

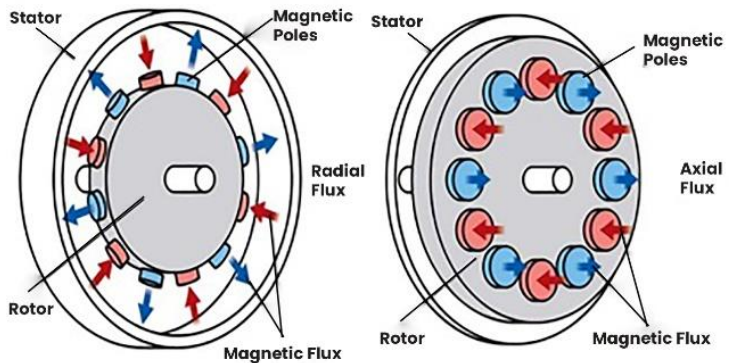
2. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

Generator AC berdasarkan frekuensinya dibagi menjadi dua yaitu: generator sinkron dan asinkron. Generator sinkron merupakan generator yang kecepatan putar rotornya berbanding lurus dengan frekuensi yang dihasilkan. Generator asinkron adalah generator yang putaran rotor tidak sesuai dengan putaran medan magnet pada statornya. Perhitungan nilai frekuensi generator dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.1 (Syafriyudin & Suyanto, 2021).

$$f = \frac{nP}{120} \quad (2.1)$$

- f : frekuensi (Hz)
 n : jumlah putaran per menit (RPM)
 P : jumlah pasangan kutub magnet

Berdasarkan jenis magnetnya, generator sinkron dibagi menjadi dua jenis yaitu generator magnet permanen dan generator magnet tidak permanen. Generator magnet permanen memiliki sifat magnet yang tinggi dan tidak mudah teroksidasi di udara, sedangkan generator magnet tidak permanen mudah teroksidasi di udara. Generator magnet permanen berdasarkan arah fluks dapat dibagi menjadi dua jenis: fluks aksial dan fluks radial. Perbedaan arah fluks dari generator aksial dan radial ditunjukkan pada gambar 2.1.



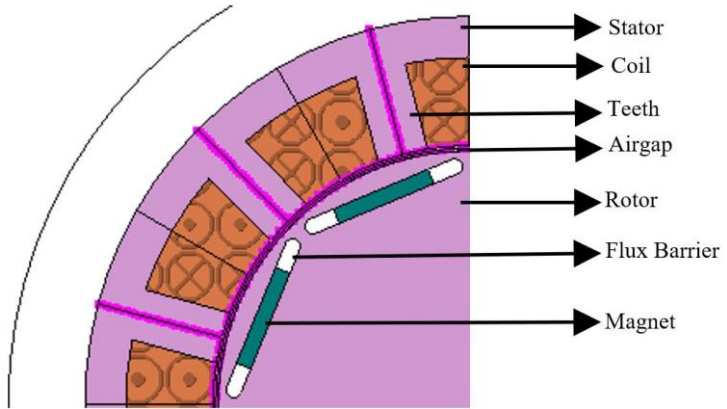
Gambar 2. 1 Generator Radial dan Axial

Generator fluks aksial adalah generator dengan arah medan fluks sejajar dengan sumbu rotasi, dan generator fluks radial memiliki arah fluks radial yang tegak lurus dengan sumbu rotasi (Sebayang & Hasibuan, 2013).

Ada banyak jenis generator, salah satu contohnya adalah generator sinkron. Generator sinkron memiliki frekuensi listrik yang sinkron secara mekanis dengan kecepatan generator. Salah satu jenis generator adalah *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG). PMSG adalah generator di mana medan magnet yang menarik dihasilkan oleh medan magnet permanen dan bukan oleh kumparan (Mahaganti et al., 2014).

Generator sinkron magnet permanen (PMSG) memiliki struktur yang hampir sama dengan generator umum. Perbedaan antara PMSG dan generator sinkron konvensional lainnya adalah pada rotornya. Generator magnet permanen fluks radial dapat beroperasi pada kecepatan tinggi dan rendah. Generator sinkron magnet permanen dibangkitkan oleh magnet permanen sebagai penghasil medan magnet pada rotor. Fluks magnet dihasilkan oleh magnet permanen yang mengalir melalui celah udara ke stator dan menghasilkan gaya gerak magnet (GGM) secara aksial dan radial dari kutub

magnet. Struktur PMSG ditunjukkan pada gambar 2.2 (Sumantri & Nuryadi, 2019).



Gambar 2. 2 Desain $\frac{1}{4}$ Model PMSG 12 Slot 8 Pole

3. Flux Linkage

Fluks adalah jumlah garis gaya yang melewati luas bidang yang tegak lurus dengan garis gaya magnet. Fluks magnet tergantung pada jumlah garis medan magnet yang melewati daerah yang diketahui. Fluks magnet (ϕ_m) didefinisikan sebagai medan magnet B dikalikan luas A yang dibatasi oleh lingkaran. Jika garis-garis medan magnet melewati suatu daerah yang terdiri dari kumparan dengan lilitan N , maka besar fluks magnet yang dihasilkan ditunjukkan pada persamaan 2.2 (Syarif *et al.*, 2015).

$$\phi_m = NBA \quad (2.2)$$

- ϕ_m : Fluks magnet (Wb)
N : Jumlah lilitan pada kumparan
B : Kerapatan fluks (Wb/m²)
A : Luas penampang (m²)

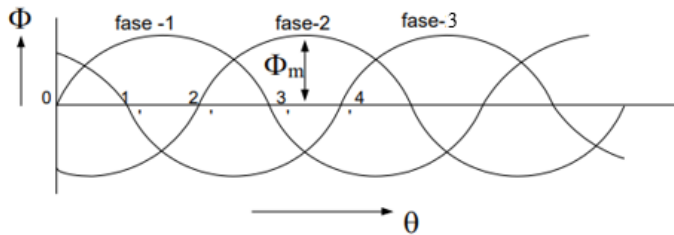
Diketahui dari persamaan di atas bahwa semakin lebar penampang maka kerapatan fluks semakin rendah, sehingga kuat medan magnet yang dihasilkan juga kecil. Pada saat yang sama, kerapatan fluks tinggi pada luas penampang yang sempit, sehingga intensitas medan magnetnya juga tinggi. Kepadatan fluks diukur dalam weber per meter persegi (Wb/m²) (Sumantri & Nuryadi, 2019).

4. Winding

Winding adalah cara menggulung *coil* untuk meningkatkan daya generator. Gulungan *coil* dapat dilakukan searah jarum jam (*Clockwise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clockwise/CCW*). Gulungan *coil* yang dilakukan dengan searah jarum jam lebih mudah daripada berlawanan arah jarum jam (Albarohin et al., 2021).

Winding memiliki tiga jenis: *toroidal*, *lap*, dan *concentrated*. *Toroidal* adalah belitan yang melingkar. *Concentrated* adalah belitan yang dikelompokkan menjadi satu slot, sedangkan *lap* merupakan gulungan

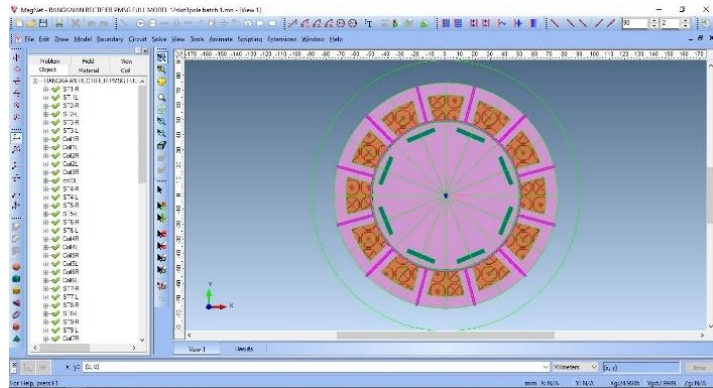
yang dililit secara keseluruhan, dengan slot kosong atau slot yang tidak diisi belitan. *Concentrated winding* biasanya digunakan pada mesin magnet permanen sehingga menghasilkan GGL maksimum dan gelombangnya menyerupai gelombang sinusoidal, seperti pada gambar 2.3 (Harahap et al., 2021).



Gambar 2. 3 Gelombang *Concentrated Winding* (Anthony, 2018)

5. Software MagNet 7.5 Infolytica

MagNet Infolytica adalah perangkat lunak yang digunakan sejak 1978 untuk memodelkan perangkat elektromagnetik di komputer. *Software MagNet Infolytica* menyediakan laboratorium virtual untuk membuat model dan mencari material yang digunakan seperti material inti besi, material magnet, dan material lilitan (Arifianto & Rangga, 2018b).



Gambar 2. 4 halaman depan software *magnet infolytica* gambar 2.4 adalah beranda depan dari perangkat lunak *Magnet Infolytica*. *MagNet Infolytica* dirancang sebagai perangkat lunak pemodelan dua dan tiga dimensi untuk memecahkan masalah elektromagnetik. Perangkat yang dapat disimulasikan dengan *software MagNet Infolytica* dapat berupa generator, solenoida, trafo dan perangkat lain yang menggunakan kumparan atau magnet permanen (Arifianto & Rangga, 2018).

Magnet Infolytica adalah perangkat lunak yang umum digunakan untuk desain generator. Keunggulan *software magnet infolytica* tidak hanya representasi geometri generator yang dibuat, tetapi juga dapat merepresentasi medan magnet dan cara kerja generator. Selain itu, untuk arus, tegangan dan torsi juga diperoleh kurva karakteristiknya. Dalam perancangan model

generator nantinya akan dibuat simulasi pada *software MagNet Infolytica 7.5* berbasis *Finite Element Method (FEM)* (Ramadhan & Tamam, 2021).

Finite Element Method (FEM) adalah metode numerik yang digunakan dalam dunia teknik dan ilmiah untuk menyelesaikan persamaan matematika. Area masalah meliputi analisis struktural, aliran fluida, dan potensi elektromagnetik. FEM dapat memecahkan masalah dengan memecah sistem besar menjadi bagian yang lebih kecil dan sederhana yang disebut *finite element* (Kurniawan *et al.*, 2021).

6. Flux Barrier

Flux barrier merupakan rongga udara yang terletak di dalam rotor . Fungsi dari *flux barrier* untuk mencegah aliran fluks antara magnet permanen rotor yang berdekatan. Parameter desain yang cukup efektif adalah hambatan fluks atau yang lebih sering disebut dengan *flux barrier*. *Flux barrier* di dalam rotor mempunyai dampak yang besar pada kinerja elektromagnetik. *Flux barrier* dapat dirancang untuk mengurangi kerugian stator dan rotor serta dapat meningkatkan efisiensi generator (Sayed *et al.*, 2019)

Geometri pada *flux barrier* dapat didesain untuk mengurangi riak torsi dengan mengubah sudut pada

ujung *flux barrier*. Faktor daya dapat ditingkatkan jika magnet permanen dimasukkan disetiap penghalang fluks (Bianchi et al., 2009).

7. Tegangan

Tegangan atau beda potensial adalah energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan satuan dari satu titik ke titik lain di bawah pengaruh gaya listrik. Beda potensial inilah yang menyebabkan aliran elektron atau arus listrik. Beda potensial juga sering didefinisikan sebagai energi per satuan muatan, yang dibuktikan dengan persamaan 2.3 (Pamungkas *et al.*, 2017).

$$V = \frac{dw}{dq} \quad (2.3)$$

V : Tegangan elektrik (V)

w : Tenaga elektrik (J)

q : Muatan elektrik (C)

Prinsip pengoperasian generator ini didasarkan pada hukum Faraday yang berbunyi: "Gaya gerak listrik induksi (GGL) yang terbentuk di antara ujung-ujung *loop* konduktor berbanding lurus dengan laju perubahan fluks magnet yang mengelilingi loop konduktor", yaitu ketika konduktor memotong garis fluks magnet yang kuat, maka ggl dihasilkan dalam konduktor. Induksi sangat tergantung pada waktu, semakin cepat medan

magnet berubah, semakin besar ggl induksi, sehingga arus melalui *loop* kawat penghantar dengan N lilitan dapat dikatakan berubah sebesar $\Delta\Phi$ dalam waktu Δt . Secara matematis, hal diatas dapat dituliskan pada persamaan 2.4 (Piggott *et al.*, 2001).

$$\mathcal{E} = - N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.4)$$

\mathcal{E} : GGL induksi (V)

N : banyaknya lilitan

$d\Phi$: perubahan fluks magnetik (wb)

dt : selang waktu (s)

8. Arus Listrik

Arus listrik adalah muatan listrik yang mengalir melalui penghantar dalam satuan waktu (Ratnasari & Senen, 2017). Dengan kata lain, arus listrik adalah muatan yang bergerak. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau subatom, yang dalam teori atom modern menyatakan bahwa atom terdiri dari partikel atom (proton muatan + dan neutron) yang dikelilingi muatan elektron (-) (Rosman *et al.*, 2019).

Arus listrik ditunjukkan dengan huruf "I" yang berarti "intensitas (*intensity*)", sedangkan satuan arus listrik adalah ampere yang biasa disingkat "A". Arus listrik 1 ampere didefinisikan sebagai jumlah muatan (Q

atau *Columbs*) yang melewati titik tertentu dalam 1 detik, seperti pada persamaan 2.5

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2.5)$$

I : Arus elektrik (A)

q : Muatan listrik (C)

t : Waktu (s)

Arus dibagi menjadi dua, yaitu arus searah dan arus bolak balik. Arus searah mempunyai nilai tetap terhadap satuan waktu, dimana Ketika mengamati arus tersebut ada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama atau konstan. Sedangkan bolak balik merupakan arus yang mempunyai nilai yang selalu berubah terhadap satuan waktu, dengan karakteristik selalu berulang-ulang untuk periode waktu tertentu (Gideon & Saragih, 2019).

9. Daya

Daya adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan tenaga suatu mesin. Daya sama dengan jumlah energi yang dibutuhkan per satuan waktu. Oleh karena itu, besarnya putaran (RPM) dan torsi mempengaruhi daya yang dihasilkan mesin (Suka Arimbawa *et al.*, 2019).

Daya *input* generator merupakan daya mekanik yang diperoleh dari hasil perkalian antara τ (torsinya) dikalikan dengan kecepatan putar rotor (dalam rad/s). Semakin besar daya *input* yang diberikan, maka daya listrik yang dihasilkan oleh generator akan semakin besar. Besarnya daya *input* (P_{in}) pada PMSG dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6

$$P_{in} = \frac{\tau n 2\pi}{60} \quad (2.6)$$

P_{in} : Daya *input* (watt)

τ : Torsi

n : Kecepatan putar (RPM)

Daya *output* merupakan daya listrik yang digunakan secara langsung oleh peralatan listrik untuk dikonversikan menjadi energi lain sesuai kebutuhan. Daya *output* pada generator yaitu perkalian antara tegangan (V) dengan arus singkat (I) yang dihasilkan putaran generator. Daya *output* generator dapat direpresentasikan pada persamaan 2.7

$$P_{out} = VI \quad (2.7)$$

P_{out} : Daya *output* (watt)

10. Efisiensi

Kinerja generator dapat dilihat dari hasil perhitungan efisiensinya. Efisiensi pada generator

adalah hasil dari perbandingan antara daya *output* dengan daya *input*. Daya *input* generator adalah daya mekanik sedangkan daya *output* generator adalah daya listrik. Saat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, tidak semua daya mekanik yang disinkronkan menjadi daya listrik. Perbedaan antara daya *input* dan *output* adalah kerugian dari mesin elektrik. Besar efisiaensi dapat dicari menggunakan persamaan 2.8 (Refaldi et al., 2022).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.8)$$

η : Efisiensi (%)

B. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan

Setelah dilakukan penelusuran terkait penelitian yang relevan, peneliti menemukan beberapa karya ilmiah yang berkaitan dengan tema, diantaranya:

Penelitian yang dilakukan (Sayed *et al.*, 2019) . Artikel berisi tentang metode dan cara mendesain *flux barrier*. Penelitian ini juga mengkaji berbagai desain *flux barrier* untuk mengurangi kerugian besi stator dan rotor serta meningkatkan efisiensi motor. Mengoptimalkan bentuk penghalang fluks dapat mengurangi demagnetisasi magnet pada rotor. Disimpulkan bahwa struktur pemblokiran fluks

yang baik dapat sangat meningkatkan kinerja elektromagnetik motor.

Pada penelitian yang dilakukan (Rahmawati *et al.*, 2022) ini memvariasikan konfigurasi lilitan seri, lilitan 2 seri 2 paralel, dan lilitan 4 paralel pada *winding* PMSG 12 slot 8 pole. Konfigurasi *winding* kemudian diujikan pada 5 variasi kecepatan yaitu 200 RPM, 400 RPM, 600 RPM, 800 RPM dan 1000 RPM. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai tegangan terbesar dihasilkan oleh konfigurasi lilitan yang disusun seri dan tegangan terkecil pada konfigurasi 4 lilitan yang dirangkai paralel pada variasi kecepatan 1000 RPM.

Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian sebelumnya yaitu mendesain *flux barrier* pada motor sinkron dan menggunakan *Software Magnet Infolytica* untuk perancangan dan pengambilan datanya. Pembaharuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh *flux barrier* terhadap performa berupa tegangan, arus, daya (*input* dan *output*), serta efisiensinya pada generator.

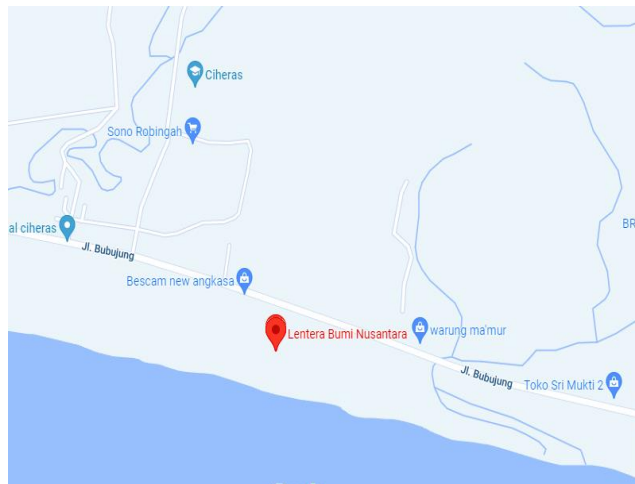
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Pemodelan PMSG 12 slot 8 pole ini dilakukan di dusun Ciheras, Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat tepatnya di PT Lentera Bumi Nusantara yang letak geografisnya seperti di tunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Maps PT. Lentera Bumi Nusantara (Sumber: Google Maps)

Variasi geometri *flux barrier* dan pengolahan hasil data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri

Walisongo tepatnya di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang lokasinya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Agustus 2022.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Satu unit laptop Asus A407U edisi *Windows* 10 dan system operasi 64-bit.

- b. *Software MagNet Infolytica* 64-bit version 7.5.0.121 version for windows 64-bit trial edition.
- c. *Software Microsoft Excel* 365 sebagai *input* data dan olah data.
- d. *Snip and Skatch* untuk pengambilan dokumentasi.

2. Bahan

Komponen dan Bahan desain pemodelan PMSG 12S8P pada *Software Magnet Infolytica* ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Komponen dan *Tools* Bahan Generator

| Komponen | <i>Tools</i> Bahan Generator |
|---------------------|---|
| Stator | TR 52 : USS Transformator 52-29 Gage |
| Air Gap | Udara |
| Rotor | TR 52 : USS Transformator 52-29 Gage |
| Magnet | PM 12 : Brem 1.2 mur 1.0 |
| <i>Coil</i> | Copper : 5.77e7 Siemens/Meter |
| <i>Teeth</i> | TR 52 : USS Transformator 52-29 Gage |
| <i>Flux Barrier</i> | Udara |

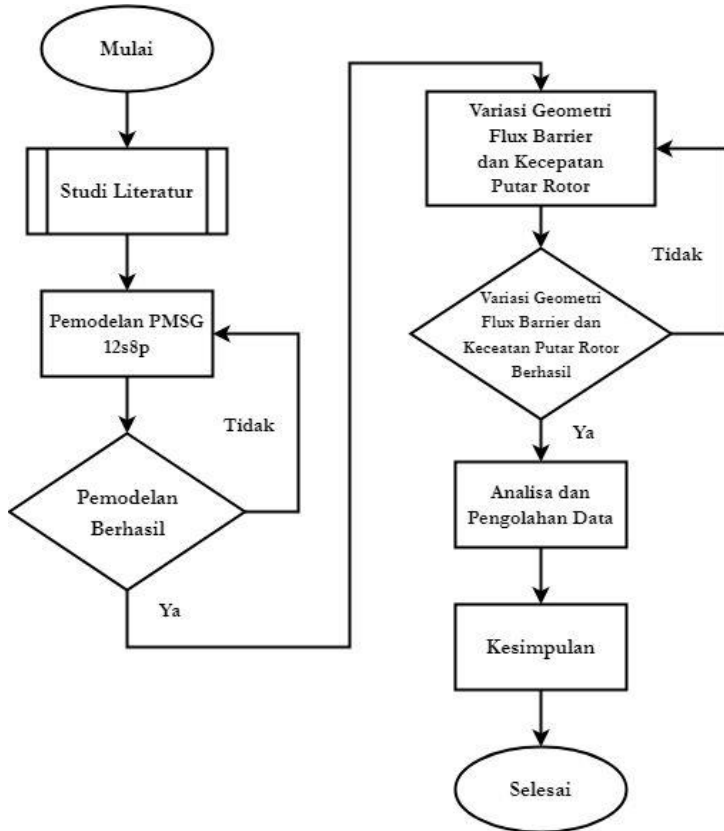
C. Metode Pengambilan Data

Penelitian ini merupakan jenis penelitian laboratorium. Menurut Doloksaribu *et al.*, 2014 penelitian laboratorium merupakan penelitian yang dilakukan di dalam tempat khusus dan dilengkapi peralatan untuk melakukan percobaan atau simulasi tertentu. Pada penelitian ini menggunakan jenis virtual laboratorium yang memanfaatkan *Software Magnet Infolytica*. Data yang diperoleh diantaranya: tegangan, arus, dan torsi. Kemudian data yang diperoleh dihitung untuk mendapatkan nilai dari daya *input*, daya *output*, dan efisiensi. Data yang telah dihitung kemudian dianalisis, dibahas, dan ditarik kesimpulan.

1. Metodologi Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur terkait desain PMSG dan pengaruh *flux barrier* pada PMSG. Literatur yang didapatkan sudah cukup, penelitian dilanjutkan dengan membuat model PMSG 12 slot 8 pole menggunakan *software Magnet Infolytica*. Jika pemodelan yang dibuat sudah berhasil kemudian dilanjutkan membuat empat variasi geometri *flux barrier* pada bagian rotor. Kemudian keempat desain generator diuji dengan memvariasi kecepatan putar

rotor. Analisis dan pengolahan data dilakukan setelah variasi berhasil, kemudian diambil kesimpulan. Tahapan penelitian dilakukan seperti yang ditunjukkan *Flowchart* pada gambar 3.3

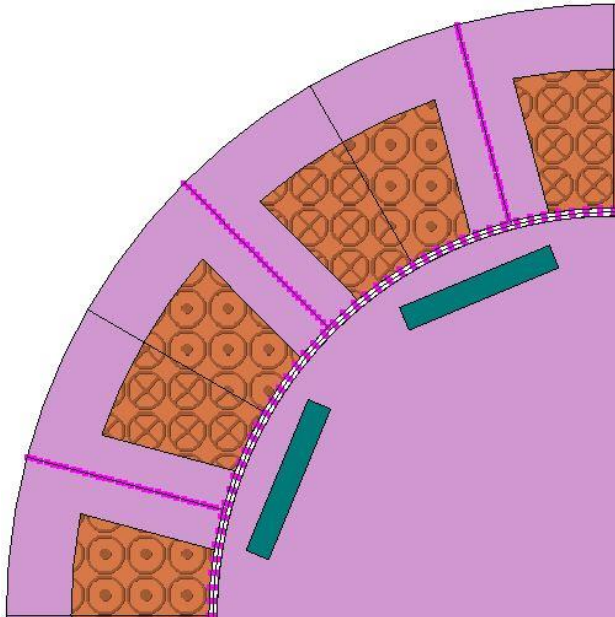


Gambar 3.3 *Flowchart* Tahapan Penelitian

2. Variasi Geometri *Flux Barrier* PMSG 12 Slot 8 Pole

a. Desain Tanpa *Flux Barrier*

Desain pertama yang dibuat adalah desain PMSG 12 slot 8 pole tanpa menggunakan *flux barrier* pada rotor, seperti ditunjukkan pada gambar 3.4

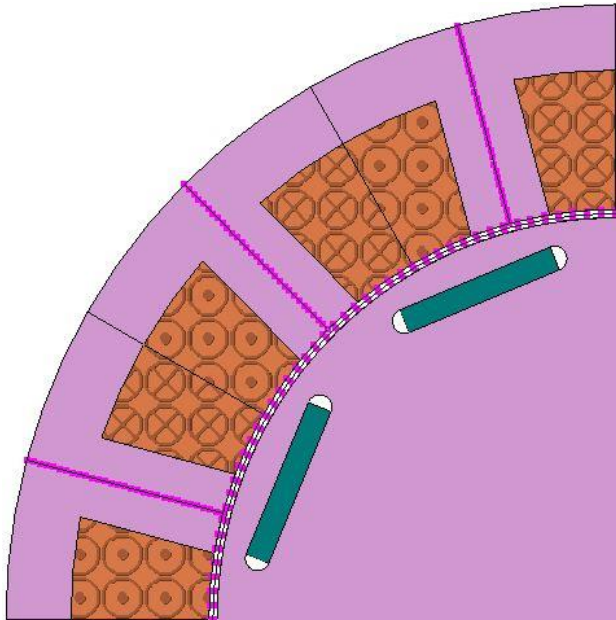


Gambar 3.4 Desain seperempat Generator Tanpa *Flux Barrier*

Hasil data yang diperoleh setelah melakukan simulasi dengan memvariasikan kecepatan putar rotor pada desain tanpa *flux barrier*, kemudian data dicatat dalam tabel seperti pada Lampiran I.

b. Desain Lebar *Flux Barrier* 1,5 mm

Desain kedua yang dibuat adalah desain PMSG 12 slot 8 pole dengan variasi lebar *flux barrier* 1,5 mm di kedua sisi magnet pada rotor, ditunjukkan pada gambar 3.5

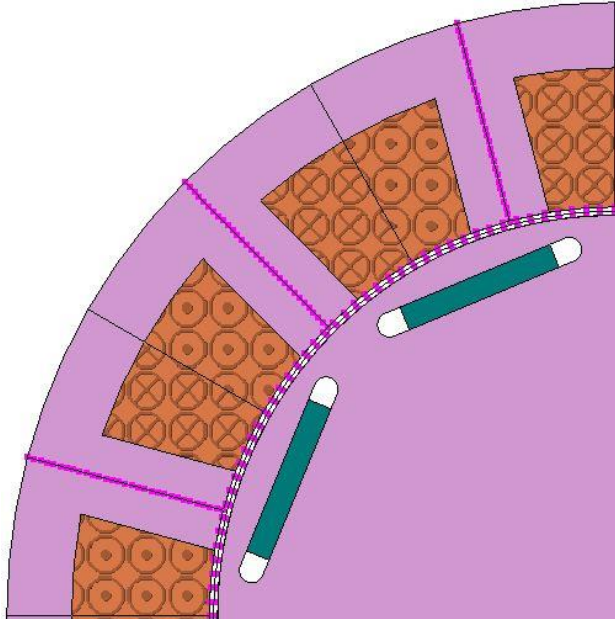


Gambar 3. 5 Desain seperempat Generator dengan *Flux Barrier* 1,5mm

Hasil data yang diperoleh setelah melakukan simulasi variasi 5 kecepatan pada desain rotor dengan lebar *flux barrier* 1,5 mm kemudian dicatat pada tabel seperti yang ditunjukkan pada Lampira I.

c. Desain Lebar *Flux Barrier* 3,5 mm

Desain ketiga yang dibuat adalah desain PMSG 12 slot 8 pole dengan variasi lebar *flux barrier* 3,5 mm pada kedua sisi magnet, seperti yang di tunjukkan gambar 3.6

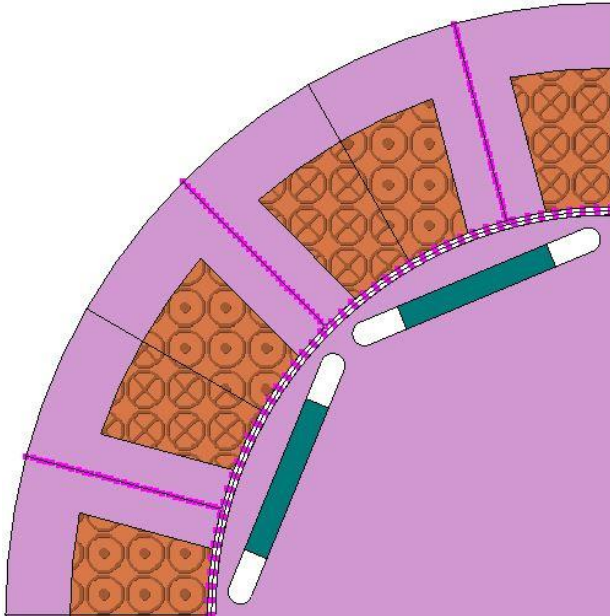


Gambar 3. 6 Desain seperempat Generator dengan *Flux Barrier* 3,5mm

Setelah dilakukan simulasi dengan memvariasi lima kecepatan putar pada desain generator ketiga, didapatkan hasil data seperti yang ditunjukkan pada Lampiran I.

d. Desain Lebar *Flux Barrier* 6,5 mm

Desain keempat yang dibuat adalah desain PMSG 12 slot 8 pole dengan variasi lebar *flux barrier* 6,5 mm di kedua sisi magnet, seperti ditunjukkan pada gambar 3.7



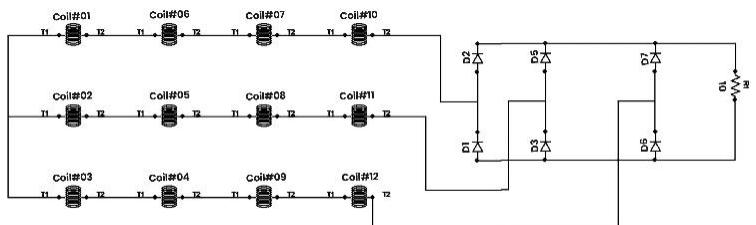
Gambar 3. 7 Desain seperempat Generator dengan *Flux Barrier* 6,5mm

Dilakukan lima variasi kecepatan pada desain generator dengan *flux barrier* selebar 6,5 mm untuk mendapatkan hasil data yang diinginkan. Hasil data yang diperoleh setelah melakukan simulasi dicatat pada tabel seperti di tunjukkan pada Lampiran I.

3. Rangkaian *Coil* PMSG 12 Slot 8 Pole

Lilitan *coil* yang digunakan pada generator ini merupakan jenis *concentrated winding Y-connection*. Pada jenis *Concentrated winding* memiliki kelebihan yaitu lebih sedikit menggunakan konduktor dibandingkan jenis *winding* yang lain. Pada desain PMSG 12 slot 8 pole memiliki 12 *coil* dengan 50 lilitan di tiap *coil*-nya

PMSG 12 slot 8 pole memiliki 12 *coil* yang di rangkai secara paralel menjadi 3 fasa. Tiap fasa terdiri dari 4 *coil* yang di susun secara seri dengan urutan penyusunan *coil* yang saling bersebrangan. Masing-masing fasa kemudian dihubungkan ke dua buah dioda yang saling terhubung ke beban resistor. Kemudian tegangan dan arus listrik yang dihasilkan putaran generator diukur pada beban resistor. Rangkaian *coil* PMSG disusun seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Rangkaian *Coil* PMSG 12 Slot 8 Pole

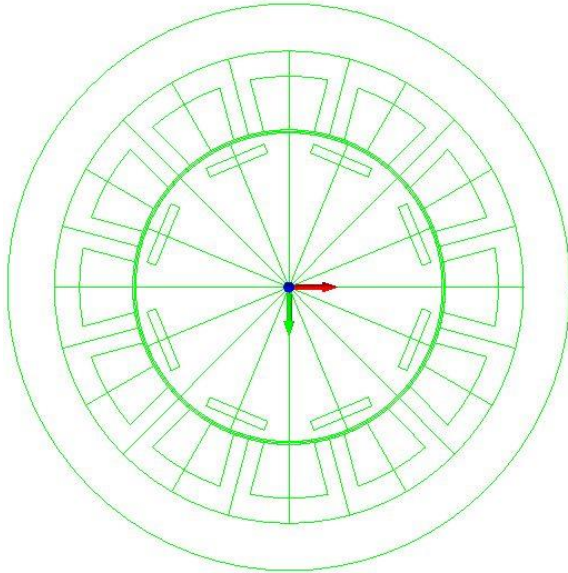
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pendesainan PMSG 12s8p Pada Software *MagNet Infolytica*

Penelitian ini diawali dengan mendesain PMSG 12 *slot* 8 *pole* dengan menggunakan software *Magnet Infolytica*. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *toolbar* yang disediakan dalam software. Terdapat menu “Draw” pada *toolbar* yang dapat digunakan untuk menggambar garis, lingkaran serta busur. Proses pemodelan dilakukan dengan membuat sketsa berupa garis yang membentuk desain generator. Bentuk sketsa garis PMSG 12 *slot* 8 *pole* ditunjukkan pada gambar 4.1.

Sketsa dibuat dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Penentuan parameter sangat penting dalam perancangan desain PMSG 12 *slot* 8 *pole*, karena akan mempengaruhi hasil besar kecilnya daya yang akan dihasilkan. Parameter pada perancangan PMSG 12 *slot* 8 *pole* dengan variasi lebar *flux barrier* ini seperti terlihat pada tabel 4.1.



Gambar 4. 1 Sketsa Generator 12 slot 8 pole

Setelah sketsa dibuat, proses selanjutnya yaitu inisialisasi dan pembentukan komponen generator. Pembuatan komponen dilakukan dengan menyeleksi garis dengan menggunakan tools *"Select Contruction Slice Surface"*, kemudian pada menu *"Model"* klik tools *"make component in a line"* untuk menginisialisasi komponen serta menentukan jenis material dan ketebalan komponen yang digunakan. Tiap komponen pada desain generator ini memiliki ketebalan yang sama yaitu 40 milimeter dan menggunakan material yang telah ditentukan pada tabel

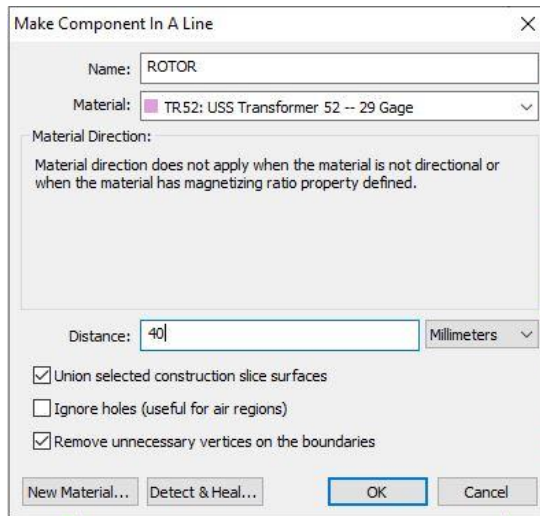
3.1. inialisasi dan penentuan jenis material pada komponen generator ditunjukkan pada gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Parameter Desain Generator 12 Slot 8 Pole

| No | Keterangan | Ukuran |
|----|---------------------------|--------------------|
| 1 | Diameter Stator | 150 mm |
| 2 | Sudut Pole | 45 deg |
| 3 | Jumlah Pole | 8 |
| 4 | Sudut Slot | 30 deg |
| 5 | Jumlah Slot | 12 |
| 6 | Tebal PMSG | 40 mm |
| 7 | Diameter Airbox | 180 mm |
| 8 | Tebal Airgap | 1 mm |
| 9 | Tebal Magnet | 3 mm |
| 10 | Lebar Magnet | 40 mm |
| 11 | Panjang Magnet | 20 mm |
| 12 | Diameter Rotor | 98 mm |
| 13 | Tinggi Teeht | 25 mm |
| 14 | Lebar Teeht | 10 mm |
| 15 | Tebal Stator | 40 mm |
| 16 | Lebar <i>Flux Barrier</i> | 1,5 ; 3,5 ; 6,5 mm |

Setelah seluruh komponen generator telah dibuat, proses selanjutnya yaitu *winding*. *Winding* bertujuan untuk menghubungkan setiap *coil* dengan ukuran fasa yang sama untuk menghasilkan daya listrik yang maksimal. Konfigurasi *coil* PMSG 12S8P ini adalah *concentrated*

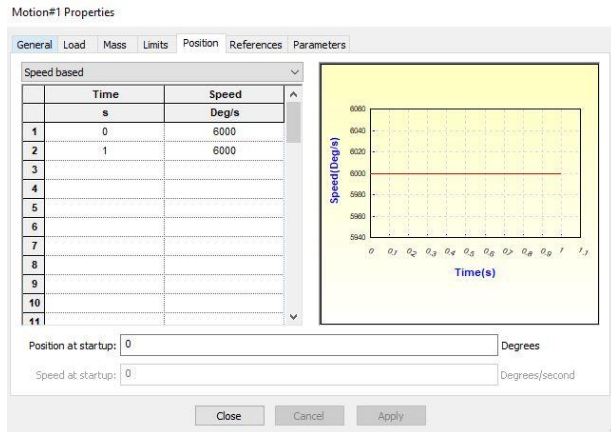
winding Y-connection dimana terdapat 4 *coil* yang terhubung secara seri di setiap fasa. Kelebihan *Concentrated winding* yaitu memiliki rugi-rugi tembaga yang rendah karena lebih sedikit konduktor yang digunakan dibandingkan dengan jenis *distributed winding*. Konfigurasi rangkaian *coil* pada simulasi PMSG 12S8P ditunjukkan pada gambar 3.8



Gambar 4. 2 Inisialisasi Komponen Dan Penentuan Material

Desain generator yang telah dibuat kemudian di solving untuk mendapatkan hasil data yang diinginkan. Proses solving dilakukan dengan cara membuat rotor seolah-olah berputar dengan kecepatan yang ditentukan. Proses tersebut dilakukan dengan mengatur motion pada

rotor seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3. Pengaturan kecepatan pada motion menggunakan satuan derajat per detik (deg/s) sehingga memerlukan penyesuaian dari satuan rotate per minute (RPM), dengan ketentuan 1 RPM sama dengan 6 deg/s. pengaturan kecepatan pada motion ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengaturan *Motion* Untuk Memutar Rotor

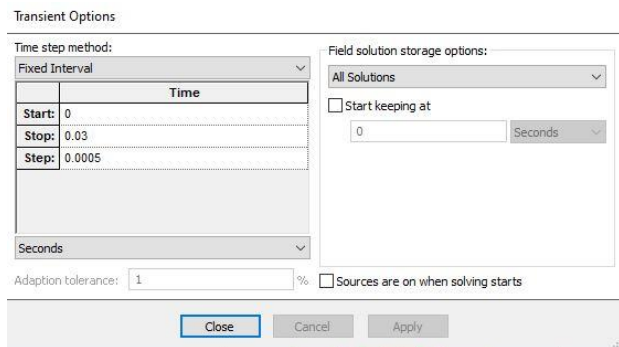
Setelah motion diatur, selanjutnya mengatur transient option untuk mendapatkan hasil simulasi yang diinginkan. Simulasi dilakukan sejauh 180 derajat dengan pengambilan data per 3 derajat sehingga akan didapatkan 60 data. Jumlah data dan besar derajat ditentukan melalui transient option seperti pada gambar 4.4. Pengaturan yang dimasukkan berupa satuan detik, oleh karena itu diperlukan konversi untuk menentukan waktu yang

dibutuhkan pada kolom *Stop* dan *Step*. Pengaturan nilai *motion*, *stop*, dan *step* pada tiap kecepatan putar ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Pengaturan *motion*, *stop*, dan *step* tiap kecepatan

| Kecepatan (RPM) | <i>Motion</i> (deg/s) | <i>Stop</i> (s) | <i>Step</i> (s) |
|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 1000 | 6000 | 0,03 | 0,0005 |
| 2000 | 12000 | 0,015 | 0,00025 |
| 3000 | 18000 | 0,01 | 0,000167 |
| 4000 | 24000 | 0,0075 | 0,000125 |
| 5000 | 30000 | 0,006 | 0,0001 |

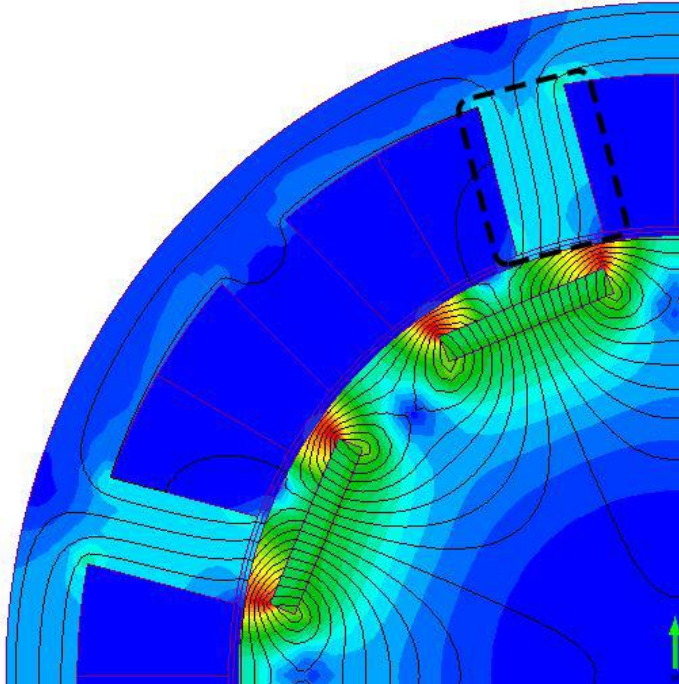
Hasil perhitungan simulasi desain generator didapatkan dengan mengklik Solve pada menu kemudian klik “Transient 2D with motion” untuk mensimulasikan desain dengan kecepatan dan pengaturan perhitungan yang telah ditentukan. Setelah itu, hasil data simulasi yang didapat dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 4. 4 Pengaturan Transient Untuk

2. Pengaruh Geometri *Flux Barrier* Terhadap Aliran Fluks Magnet

a. Desain Tanpa *Flux Barrier*



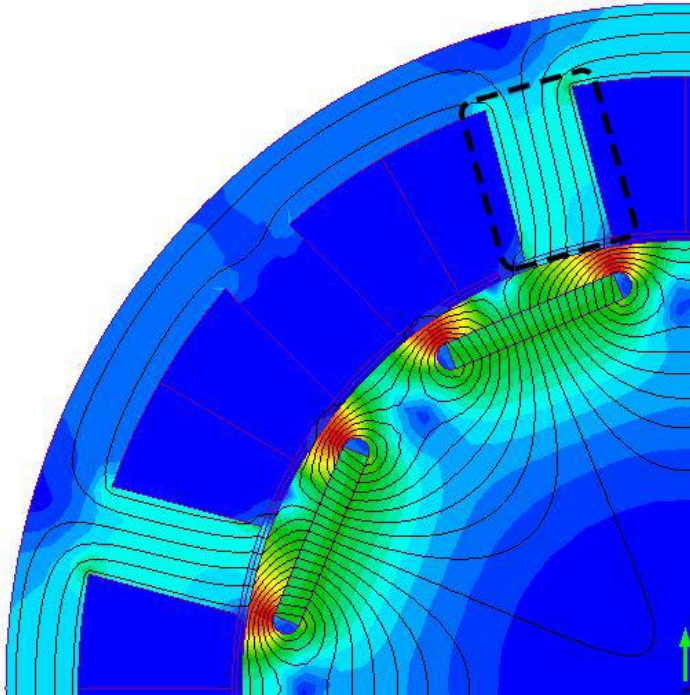
Gambar 4. 5 Aliran *Flux* Pada Desain Generator Tanpa *Flux Barrier*

Hasil visualisasi pada gambar 4.5 menunjukkan nilai medan magnet (B) pada titik tertentu, yang ditampilkan dalam gradasi warna. Titik dengan medan magnet terbesar ditunjukkan dengan warna merah, sedangkan titik dengan medan magnet terkecil ditunjukkan dengan warna biru tua. Gradasi warna

lainnya menunjukkan nilai medan magnet di antara rentang tersebut. Garis-garis pada gambar menunjukkan lintasan fluks magnet, yang mengalir dari kutub utara ke kutub selatan melalui stator. Arus listrik pada belitan di stator dihasilkan oleh fluks magnet yang mengalir melalui stator tersebut.

Pada visualisasi gambar 4.5, medan magnet terbesar terjadi pada kedua ujung magnet yang ditandai dengan warna merah. Tampak pada bagian *teeth* stator berwarna biru muda dengan 5 garis yang menunjukkan besarnya fluks magnet yang mengalir melalui stator. Jarak antar magnet yang saling berdekatan membuat fluks magnet banyak yang mengalir langsung dari kutub utara ke kutub selatan melalui rotor, sehingga kurang memaksimalkan aliran fluks magnet melalui stator. Kurang maksimalnya medan magnet yang mengalir melalui *teeth* stator mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan pada PMSG.

b. Desain Lebar *Flux Barrier* 1,5 mm



Gambar 4. 6 Aliran *Flux* Pada Desain Generator Dengan *Flux Barrier* 1.5 mm

Hasil perhitungan medan magnet (B) pada gambar 4.6 disajikan dalam bentuk visualisasi gambar. Pada desain PMSG yang ditambahkan lebar *flux barrier* dengan lebar 1,5 mm menghasilkan contour warna yang lebih pekat pada kedua ujung magnet dibandingkan dengan desain PMSG tanpa *flux barrier*. Garis fluks magnet yang mengalir melalui *teeth* stator

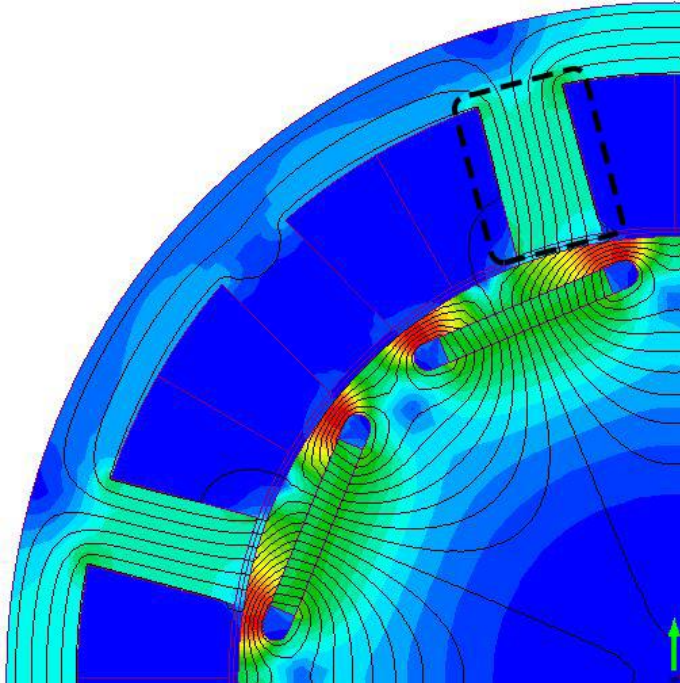
tampak lebih banyak dibandingkan desain PMSG tanpa *flux barrier*.

Flux barrier berperan untuk menghalangi fluks magnet yang mengalir langsung dari kutub utara magnet ke kutub selatan melalui rotor. sehingga fluks magnet akan lebih banyak mengalir melalui *teeth* stator. Pada desain PMSG yang diberi *flux barrier* 1,5 mm, *teeth* stator berwarna biru muda dengan 6 garis yang menunjukkan besarnya fluks magnet yang mengalir melalui stator sehingga dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan oleh generator.

c. Desain Lebar *Flux Barrier* 3,5 mm

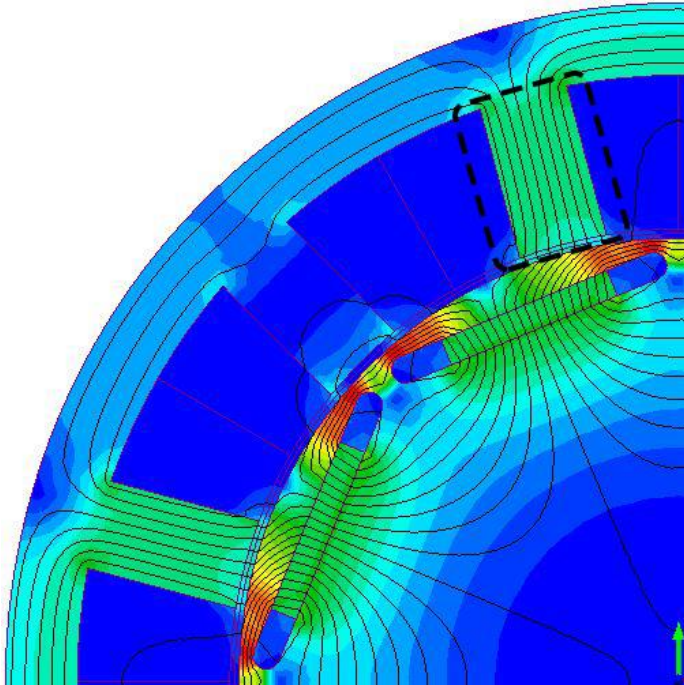
Gambar 4.7 menampilkan hasil perhitungan medan magnet (B) dalam bentuk visualisasi gambar. Pada desain PMSG dengan penambahan *flux barrier* berlebar 3,5 mm, terlihat warna contour yang lebih pekat pada kedua ujung magnet. Selain itu, terlihat juga bahwa garis fluks magnet yang mengalir melalui *teeth* stator lebih banyak pada desain PMSG dengan *flux barrier*. Fungsi dari *flux barrier* adalah untuk mencegah aliran fluks magnet langsung dari kutub utara magnet ke kutub selatan melalui rotor sehingga fluks magnet lebih banyak mengalir melalui *teeth* stator. Pada desain PMSG dengan *flux barrier* 3,5 mm, *teeth* stator ditandai

dengan warna biru kehijauan dan terdapat 7 garis yang menunjukkan besarnya fluks magnet yang mengalir melalui stator serta efisiensi yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 4. 7 Aliran *Flux* Pada Desain Generator Dengan *Flux Barrier* 3.5 mm

d. Desain Lebar *Flux Barrier* 6,5 mm



Gambar 4. 8 Aliran *Flux* Pada Desain Generator Dengan *Flux Barrier* 6.5 mm

Gambar 4.8 menunjukkan hasil perhitungan medan magnet (B) yang ditampilkan dalam bentuk visualisasi gambar. Penambahan lebar *flux barrier* sebesar 6,5 mm pada desain PMSG menghasilkan contour warna yang lebih merata pada teeth stator dibandingkan dengan ketiga desain yang lain. Selain itu, jumlah garis fluks magnet yang mengalir melalui teeth stator pada desain PMSG dengan *flux barrier* tampak

lebih banyak dibandingkan desain sebelumnya. *Flux barrier* dapat berfungsi lebih efisien mencegah fluks magnet langsung mengalir dari kutub utara ke kutub selatan melalui rotor, sehingga fluks magnet lebih banyak mengalir melalui teeth stator. Desain PMSG dengan *flux barrier* lebar 6,5 mm menunjukkan teeth stator berwarna hijau merata dengan 8 garis yang menunjukkan besar fluks magnet yang mengalir melalui stator. Besarnya fluks magnet yang mengalir melalui teeth stator dapat mempengaruhi tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh generator.

3. Pengaruh Geometri *Flux barrier* dan Kecepatan Putar Rotor Terhadap Efisiensi

a. *Flux barrier* di kecepatan putar 1000 RPM

Desain generator disimulasikan pada kecepatan putar rotor 1000 RPM. Perbedaan lebar *flux barrier* pada generator dapat menghasilkan besar efisiensi yang berbeda. Hasil data yang didapatkan pada simulasi di kecepatan putar 1000 RPM ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Pengujian Pada Kecepatan 1000 RPM

| Desain PMSG 12s8p | Arus (A) | Tegangan (volt) | Daya (input) | Daya (output) | efisiensi |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------|
| tanpa <i>flux barrier</i> | 2,712 | 27,127 | 86,099 | 73,843 | 86% |
| <i>flux barrier</i> 1,5 mm | 3,212 | 32,126 | 119,104 | 103,649 | 87% |
| <i>flux barrier</i> 3,5 mm | 3,921 | 39,212 | 175,119 | 154,287 | 88% |
| <i>flux barrier</i> 6,5 mm | 4,533 | 45,338 | 234,451 | 205,627 | 88% |

Berdasarkan data pada tabel 4.3, dapat dilihat bahwa peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan pada PMSG 12S8P. Namun efisiensinya tidak berubah secara signifikan yaitu sekitar 88%. Saat tanpa *flux barrier*, efisiensinya mencapai 86%, saat menggunakan *flux barrier* 3,5 dan 6,5 mm, efisiensinya meningkat menjadi 88%. Peningkatan efisiensi tersebut di kecepatan 1000 rpm terjadi akibat *flux barrier* menghalangi aliran fluks magnet yang mengalir melalui rotor sehingga fluks magnet akan cenderung mengalir melalui stator dan meningkatkan kerapatan fluks magnet pada *coil*. Semakin besar fluks magnet yang mengalir melalui teeth stator dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan generator. Hal ini menunjukkan bahwa geometri *flux barrier* memiliki

pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan pada PMSG 12S8P. Peningkatan lebar *flux barrier* menyebabkan peningkatan efisiensi yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja PMSG 12S8P.

b. Flux barrier di kecepatan putar 2000 RPM

Desain Generator disimulaikan pada variasi kecepatan putar rotor 2000 RPM. Keempat desain *flux barrier* disimulasikan dengan mengetahui perbedaan dalam efisiensi yang dihasilkan. Hasil data yang diperoleh dari simulasi pada kecepatan putar 2000 RPM ditunjukkan pada tabel 4.4 .

Tabel 4. 4 Data Pengujian Pada Kecepatan 2000 RPM

| Desain PMSG 12s8p | Arus (A) | Tegangan (volt) | Daya (input) | Daya (output) | efisiensi |
|----------------------------|----------|-----------------|--------------|---------------|-----------|
| tanpa <i>flux barrier</i> | 4,989 | 49,898 | 285,732 | 250,174 | 88% |
| <i>flux barrier</i> 1,5 mm | 6,029 | 60,299 | 412,937 | 365,183 | 88% |
| <i>flux barrier</i> 3,5 mm | 7,52 | 75,2 | 635,565 | 567,476 | 89% |
| <i>flux barrier</i> 6,5 mm | 8,519 | 85,191 | 829,802 | 730,009 | 88% |

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12S8P pada kecepatan putar yang lebih tinggi di 2000 RPM. Namun,

efisiensi tidak mengalami perubahan yang signifikan, yaitu sekitar 88-89%. Peningkatan ketebalan *flux barrier* hingga 3,5 mm dapat meningkatkan efisiensi menjadi 89%, tetapi peningkatan lebar *flux barrier* hingga 6,5 mm tidak membawa perubahan signifikan bahkan menurunkan efisiensi sebesar 1%. Peningkatan efisiensi pada kecepatan 2000 rpm dikarenakan Ketika kecepatan rotasi rotor lebih tinggi, kerugian mekanis seperti gesekan antara poros dan bantalan, dan gesekan angin bagian stator berkurang. Ini mengurangi kerugian mekanis generator dan meningkatkan efisiensinya. Hal ini menunjukkan bahwa geometri *flux barrier* memiliki sedikit pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan pada PMSG 12S8P pada kecepatan putar 2000 RPM. Optimalisasi ketebalan *flux barrier* diperlukan untuk mencapai efisiensi maksimal pada kecepatan putar yang lebih tinggi, di mana efek *flux barrier* dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap kinerja PMSG.

c. *Flux barrier* di kecepatan putar 3000 RPM

Rancangan generator disimulasikan dengan memvariasikan kecepatan rotor pada 3000 RPM. Empat model *flux barrier* disimulasikan dengan variasi kecepatan yang lebih tinggi untuk mengetahui

perbedaan efisiensi yang dihasilkan. hasil data yang diperoleh dari simulasi dengan kecepatan 3000 RPM disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Pengujian Pada Kecepatan 3000 RPM

| Desain PMSG 12s8p | Arus (A) | Tegangan (volt) | Daya (input) | Daya (output) | efisiensi |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------|
| tanpa <i>flux barrier</i> | 6,8 | 68,003 | 518,642 | 465,644 | 90% |
| <i>flux barrier</i> 1,5 mm | 8,263 | 82,636 | 763,468 | 688,2 | 90% |
| <i>flux barrier</i> 3,5 mm | 9,973 | 99,738 | 1110,896 | 1003,343 | 90% |
| <i>flux barrier</i> 6,5 mm | 11,41 | 114,107 | 1466,021 | 1311,103 | 89% |

Pada tabel 4.5, dapat dilihat bahwa peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P pada kecepatan putar 3000 RPM. Namun, efisiensi tidak mengalami perubahan yang signifikan, yaitu sekitar 90%. Namun, ketebalan *flux barrier* 6,5 mm menunjukkan sedikit penurunan efisiensi yaitu 89%. Peningkatan efisiensi pada kecepatan 3000 rpm dikarenakan jika rotor berputar lebih cepat maka tegangan keluaran generator juga bertambah, karena ada hubungan antara kecepatan rotor dengan frekuensi keluaran generator. Saat rotor berputar, lilitan di stator

dan menghasilkan arus bolak-balik (AC) untuk keluaran generator. Frekuensi arus bolak-balik tergantung pada kecepatan putaran rotor, semakin cepat rotor berputar, semakin tinggi arus bolak-balik. Semakin cepat rotor berputar, semakin besar fluks magnet yang dihasilkan oleh medan magnet rotor. Akibatnya, rugi-rugi magnet pada generator dapat dikurangi serta dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan generator. Hal ini menunjukkan bahwa geometri *flux barrier* memiliki sedikit pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan pada PMSG 12S8P pada kecepatan putar 3000 RPM. Peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan performa PMSG 12S8P pada kecepatan putar 3000 RPM. Namun ketebalan *flux barrier* yang terlalu tebal dapat menurunkan efisiensi yang dihasilkan.

d. *Flux barrier* di kecepatan putar 4000 RPM

Desain generator disimulasikan dengan mengubah kecepatan rotor menjadi 4000 RPM. Untuk menentukan perbedaan efisiensi yang dihasilkan, keempat model *flux barrier* disimulasikan dengan kecepatan yang lebih besar. Hasil data yang diperoleh

dari simulasi yang dilakukan pada kecepatan 4000 RPM disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Pengujian Pada Kecepatan 4000 RPM

| Desain PMSG 12s8p | Arus (A) | Tegangan (volt) | Daya (input) | Daya (output) | efisiensi |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------|
| tanpa <i>flux barrier</i> | 7,772 | 77,724 | 677,881 | 609,897 | 90% |
| <i>flux barrier</i> 1,5 mm | 9,236 | 92,367 | 956,582 | 863,435 | 90% |
| <i>flux barrier</i> 3,5 mm | 11,40 2 | 114,02 5 | 1449,963 | 1315,193 | 91% |
| <i>flux barrier</i> 6,5 mm | 13,79 7 | 137,97 8 | 2118,915 | 1914,168 | 90% |

Data pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan pada *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12S8P pada kecepatan putar 4000 RPM. Ketebalan *flux barrier* yang berbeda-beda pada setiap pengujian juga mempengaruhi efisiensi. Namun, efisiensi hanya mengalami perubahan yang kecil, yaitu sekitar 90-91%. Peningkatan efisiensi pada kecepatan putar 4000 rpm dikarenakan ketika rotor berputar semakin cepat, gesekan antara poros serta gesekan angin pada bagian stator akan semakin berkurang. Hal ini akan mengurangi rugi-rugi mekanis pada generator dan meningkatkan efisiensinya. Ketika rotor berputar semakin cepat, tegangan output dari generator juga

akan meningkat. Frekuensi arus AC tergantung pada kecepatan putaran rotor, sehingga semakin cepat putaran rotor maka semakin tinggi frekuensi AC yang dihasilkan. Semakin cepat putaran rotor, fluks magnetik yang dihasilkan oleh medan magnet pada rotor akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa geometri *flux barrier* memiliki sedikit pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan pada PMSG 12S8P pada kecepatan putar 4000 RPM. Peningkatan ketebalan *flux barrier* menyebabkan peningkatan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan performa PMSG 12S8P. Pada kecepatan putar 4000 RPM, *flux barrier* yang terlalu tebal dapat menurunkan efisiensi yang dihasilkan seperti pada *flux barrier* dengan lebar 6,5 mm sedikit mengalami penurunan efisiensi sebesar 1%.

e. *Flux barrier* di kecepatan putar 5000 RPM

Rancangan generator disimulasikan pada kecepatan rotor pada 5000 RPM. Empat model *flux barrier* disimulasikan untuk mengetahui perbedaan besar efisiensi yang dihasilkan. Hasil data yang diperoleh dari simulasi dengan kecepatan 5000 RPM disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Pengujian Pada Kecepatan 5000 RPM

| Desain PMSG 12s8p | Arus (A) | Tegangan (volt) | Daya (input) | Daya (output) | efisiensi |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------|
| tanpa <i>flux barrier</i> | 8,549 | 85,493 | 810,93 | 739,528 | 91% |
| <i>flux barrier</i> 1,5 mm | 10,452 | 104,526 | 1207,139 | 1105,09 | 92% |
| <i>flux barrier</i> 3,5 mm | 13,102 | 131,025 | 1889,334 | 1733,563 | 92% |
| <i>flux barrier</i> 6,5 mm | 15,339 | 153,398 | 2600,354 | 2367,603 | 91% |

Tabel 4.7 menunjukkan pada kecepatan putar 5000 RPM penggunaan *flux barrier* pada desain PMSG 12S8P memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi yang dihasilkan, terutama pada penggunaan *flux barrier* dengan ketebalan 1,5 mm dan 3,5 mm. Pada kecepatan putar ini, efisiensi PMSG tanpa *flux barrier* adalah 91%, sedangkan efisiensi PMSG dengan penggunaan *flux barrier* 1,5 mm, 3,5 mm, dan 6,5 mm berturut-turut adalah 92%, 92%, dan 91%. Peningkatan efisiensi pada putaran 5000 rpm disebabkan karena semakin cepat rotor berputar maka tegangan keluaran generator juga meningkat, karena ada hubungan antara kecepatan rotor dengan frekuensi keluaran generator. Saat rotor berputar, stator menghasilkan arus bolak-balik (AC) untuk keluaran generator. Frekuensi arus bolak-balik tergantung pada kecepatan putaran rotor, semakin

cepat rotor berputar, semakin tinggi arus bolak-balik. Semakin cepat rotor berputar, semakin besar fluks magnet yang dihasilkan oleh medan magnet rotor. Akibatnya, rugi-rugi magnet generator dapat dikurangi dan efisiensi generator dapat ditingkatkan. Penggunaan *flux barrier* dapat meningkatkan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh PMSG sehingga daya yang dihasilkan juga meningkat, namun pada ketebalan 6,5 mm efisiensi tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Oleh karena itu, penggunaan *flux barrier* dengan ketebalan tertentu dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja dari PMSG.

Penggunaan *flux barrier* pada PMSG 12S8P berpengaruh signifikan terhadap efisiensi yang dihasilkan. penggunaan *flux barrier* pada PMSG 12s8p meningkatkan efisiensi generator disemua kecepatan putar yang diuji. Pada kecepatan 1000 RPM, efisiensi tertinggi mencapai 88% dengan *flux barrier* 3,5 mm dan 6,5 mm. Pada kecepatan 2000 RPM, efisiensi tertingginya 89% dengan *flux barrier* 3,5 mm. Pada kecepatan putar 3000 RPM, dengan desain tanpa *flux barrier*, *flux barrier* 1,5 mm, dan 3,5 mm menghasilkan efisiensi tertinggi mencapai 90%. Efisiensi maksimum pada kecepatan 4000 RPM dicapai dengan menggunakan *flux barrier* 3.5 mm dimana

efisiensinya mencapai 91%. Efisiensi tertinggi pada kecepatan 5000 rpm dicapai dengan menggunakan *flux barrier* 1,5 mm dan 3.5mm dimana efisiensinya mencapai 92%. Dalam hal ini, penggunaan *flux barrier* 3,5 mm memberikan efisiensi tertinggi di seluruh rentang pengujian, dengan efisiensi maksimum yang dihasilkan sebesar 92% pada kecepatan 5000 RPM. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan ketebalan *flux barrier* harus disesuaikan dengan karakteristik sistem dan kondisi operasi yang diinginkan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Generator didesain menggunakan dengan *tools* yang telah disediakan pada *software Magnet Infolytica*, kemudian dilakukan proses *winding* dan *solving option* untuk mendapatkan hasil data sesuai yang diinginkan.
2. Semakin lebar *flux barrier* yang digunakan semakin banyak fluks magnet yang mengalir melaiu *teeth* stator sehingga dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan generator.
3. Efisiensi maksimum PMSG 12S8P sebesar 92% dicapai pada kecepatan 5000 RPM dengan menggunakan *flux barrier* 3.5mm.

B. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Melakukan simulasi konfigurasi desain *flux barrier* pada PMSG 12S8P dengan bentuk *flux barrier* yang lebih variatif.
2. Melakukan simulasi pengaruh *flux barrier* dengan menggunakan desain generator dengan konfigurasi *slot* dan *pole* yang berbeda.
3. Menggunakan variasi kecepatan yang lebih tinggi pada simulasi desain PMSG 12S8P dengan *flux barrier*.
4. Melakukan penelitian tentang pengaruh *flux barrier* terhadap besar daya yang dihasilkan pada PMSG 12S8P.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Priangkoso, T., & Darmanto. (2013). Pengujian Performance Motor Listrik AC 3 Fasa Dengan Daya 3 HP Menggunakan Pembebanan Generator Listrik. *Momentum*, 9(1), 30–34.
- Albarohin, I. A., Latifa, U., Albarohin, I. A., Latifa, U., & Karawang, U. S. (2021). Analisa Pengaruh Perbedaan Winding terhadap Back EMF dan Ke pada PMSG 18s16p. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(2), 189–200.
- Anthony, Z. (2018). *Mesin Listrik Dasar* (A. Premadi (ed.); 1st ed.). ITP Press. <http://www.press.itp.ac.id>
- Arifianto, I., & Rangga, M. H. (2018a). Analisa Efisiensi dan Rancang Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet 7.5 Indrawan. *Teknik Elektro*, 1, 43–48.
- Arifianto, I., & Rangga, M. H. (2018b). Analisa Efisiensi dan Rancang Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet 7 . 5. *Seminar Nasional Microwave, Antena Dan Propagasi (SMAP)*, 11(1), 43–48.
- Bagus, I., Citarsa, F., Ayu, I., & Adnyani, S. (2022). Pengaruh Ketebalan Magnet Rotor terhadap Back EMF dan Efisiensi Permanent Magnet Synchronous Generator 12S8P. 9(1), 11–17. <https://dielektrika.unram.ac.id>
- Bianchi, N., Bolognani, S., Bon, D., & Pré, M. D. (2009). Rotor flux-barrier design for torque ripple reduction in synchronous reluctance and PM-assisted synchronous reluctance motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 45(3), 921–928. <https://doi.org/10.1109/TIA.2009.2018960>

- Cakra, U. B., & Santosa, B. D. (2022). Analisis Pengaruh Lebar Teeth Terhadap Penurunan Nilai Cogging Torque Pada Pmsg 18S16P. *Electrician*, 16(1), 1–8.
<https://doi.org/10.23960/elc.v16n1.2245>
- Catur, B. W., & Winardi, B. (2020). Simulasi Perubahan Tegangan Keluaran Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12s8p Terhadap Variasi Kecepatan Putar Rotor Dengan Software Berbasis Finite Element Method (FEM). *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 1–9.
- Doloksaribu, F., Mudzakir, A., Sholihin, H., & Sudargo, F. (2014). Model Education Reconstruction Modul Perkuliahan Penelitian Laboratorium Berbasis Peoblem Solving-Decision Making. *EDUSAINS*, 6(2), 201–210.
- Febri, A. N. (2012). Membuat generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah. *Teknik Elektro*, 1, 1–5.
- Gideon, S., & Saragih, K. P. (2019). Analisis Karakteristik Listrik Arus Searah dan Arus Bolak-Balik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(2), 262–266.
- Harahap, R., Silaban, C. P., Dinzi, R., & Bukit, F. R. (2021). Analisis Perbandingan Concentrated Winding Dan Toroidal Winding Pada Generator Axial Flux Permanent Magnet (AFPM) Tiga Fasa Menggunakan Inti Besi Pada Stator. *Journal of Electrical Technology*, 6(3).
- KHOLIS, M. N. (2020). *Rancangan permanent magnet synchronous generator (pmsg) 12 slot 8 pole dengan menggunakan software magnet infolytica 7.5*. 5–19.
- Kurniawan, R., Hakim, E. A., & Irfan, M. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Lebar Air Gap Pada Motor Brushless DC Radial Fluks. *Journal of Mechatronic and ...*, 1(1), 1–7.
- Mahaganti, I., Tumaliang, H., Nelwan, A. F., & Pakiding, M. (2014). Pra-desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

- Menggunakan Generator Asinkron. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(3), 12–18.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/4822>
- Octa, M. S., & Yasri, I. (2018). Aspek Rancangan Generator Magnet Permanen Fluks Radial Kecepatan Rendah. *Jom FTEKNIK*, 5(1), 1–7.
- Pamungkas, T. D., Haddin, M., & Rijanto, E. (2017). Modifikasi Topologi Pengendali PID untuk Automatic Voltage Regulator Generator Sinkron. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(3), 380–385.
<https://doi.org/10.22146/jnteti.v6i3.342>
- Piggott, H., Kirby, T., & Piggott, H. (2001). *Windpower Workshop Windpower Workshop BUilding Your Own Wind Turbine*.
- Rahmawati, L. D., Kusuma, H. H., & Sudarmanto, A. (2022). Parallel Series Configuration Influence Analysis on Winding PMSG 12s8p to Output Performance using FEM-Based Software. *IJPSAT*, 32(2), 343–349.
- Ramadhan, A., & Tamam, M. T. (2021). Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Kapasitas 22 KVA Menggunakan Metode Finite Element Method. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 3(2), 83–90.
<https://doi.org/10.30595/jrre.v3i2.11516>
- Rangga, M. H., Arifianto, H., Rahmatia, S., & Elson, R. (2018). Variasi Geometri Pemodelan PM Generator Sinkron 12 Slot 8 Pole $\frac{1}{4}$ Model. *Seminar Nasional Microwave*, 12(1), 48–52.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). *Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan Dc Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere*. 7(2),

28-33.

- Refaldi, I., Basir, Y., & Utari, D. Y. W. (2022). Analisis Fluktuasi Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron di PT. PEMBANGKIT LISTRIK PALEMBANG JAYA. *Jurnal Ampere*, 6(2), 91. <https://doi.org/10.31851/ampere.v6i2.7293>
- Rosman, A., Risdayana, Yuliani, E., & Vovi. (2019). Karakteristik Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel dengan Menggunakan Resistor. *Jurnal Ilmiah d'Computare*, 9(2), 40-43.
- Sayed, E., Yang, Y., Bilgin, B., Bakr, M. H., & Emadi, A. (2019). A comprehensive review of flux barriers in interior permanent magnet synchronous machines. *IEEE Access*, 7, 149168-149181. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947047>
- Sebayang, F. R., & Hasibuan, A. R. (2013). Analisis Perbaikan Faktor Daya Beban Resistif, Induktif, Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa menggunakan Metode Pottier. *Singuda Ensikom*, 3(2), 76-81.
- Septiyan, R., Waruni, M. K., & Sugeng, B. (2019). *Analisa Hilang Daya Pada Generator Sinkron 3 Fasa (6.6 KV) 11 MVA Type 1DT4038 - 3EE02 - Z. 4(1), 2-6.*
- Suka Arimbawa, I. K., Pasek Nugraha, I. N., & Dantes, K. R. (2019). Analisis Pengaruh Campuran Bahan Bakar Peralite Dengan Naphthalene Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Torsi Dan Daya Pada Sepeda Motor 4 Langkah. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v7i1.18616>
- Sumantri, M., & Nuryadi, S. (2019). *Analisis Pengaruh Variasi Slot Dan Pole Terhadap Tegangan Dan Efisiensi Daya Pada Perancangan Generator Magnet Permanen*

Menggunakan Software Magnet. 1–8.

Supardi, A., Budiman, A., & Khairudin, N. R. (2013). Pengaruh Kecepatan Putar Dan Beban Terhadap Keluaran Generator Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah. *Jurnal Teknik Elektro*, 16(01), 26–31.

Syafriyudin, S., & Suyanto, M. (2021). Analisis Perencanaan Jarak Celah Udara Pada Generator Axial. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 4(1), 22. <https://doi.org/10.33087/jepca.v4i1.48>

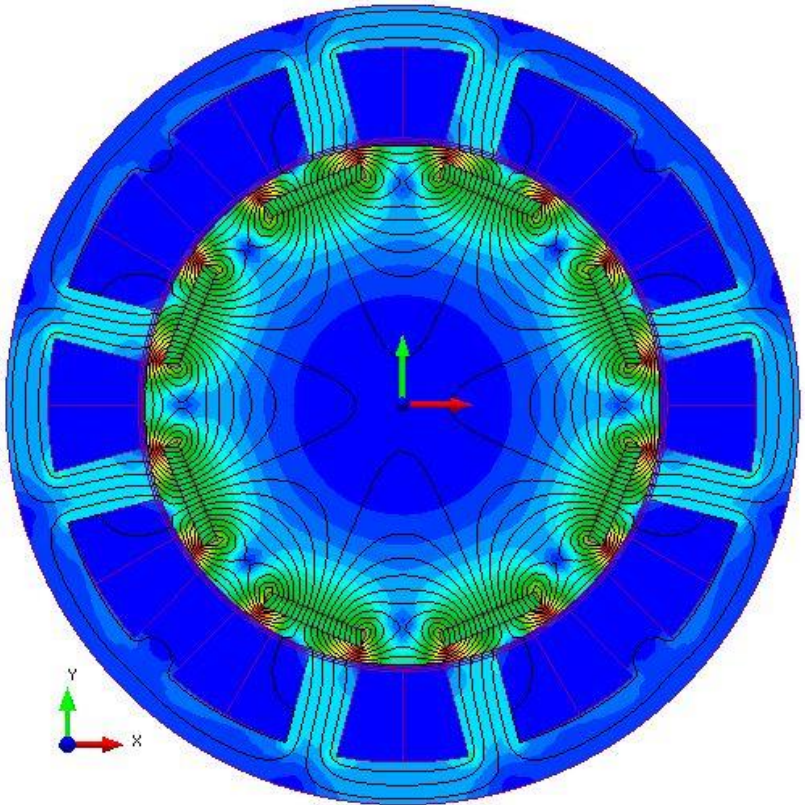
Syarif, A. A., Ardiansya, I., Studi, P., Listrik, T., Teknik, J., Fakultas, E., & Makassar, U. M. (2015). Perancangan pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil. *Skripsi*, 1–64.

Zuhdi, H. M. (2021). *Analisa Back EMF Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot Pole 1/4 Model Menggunakan Software Magnet Infolytica 7.5.*

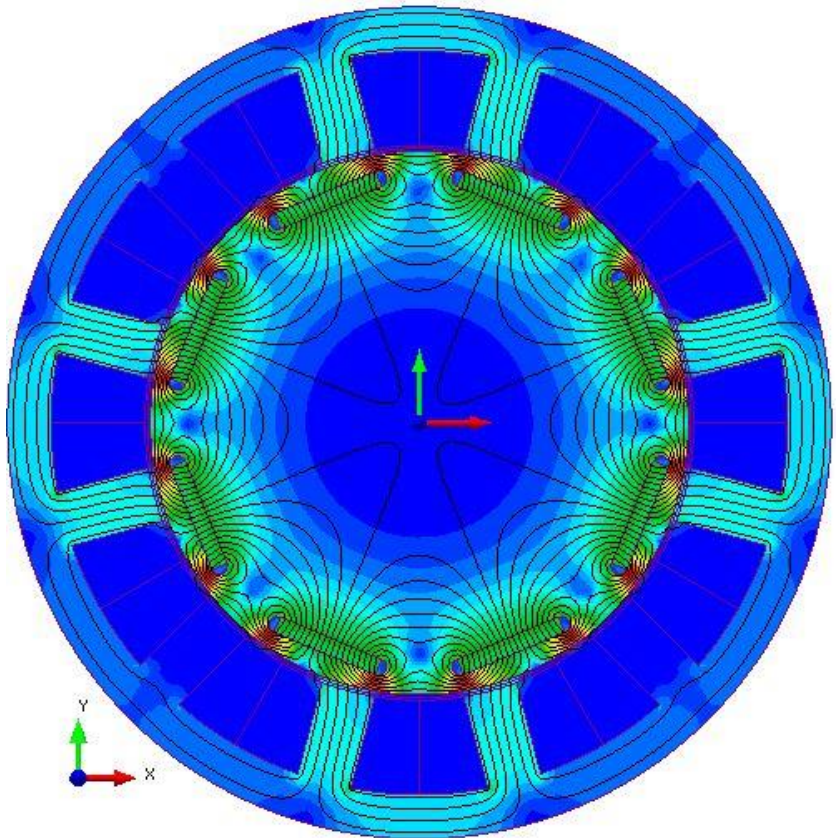
LAMPIRAN I

A. Flux Linkage

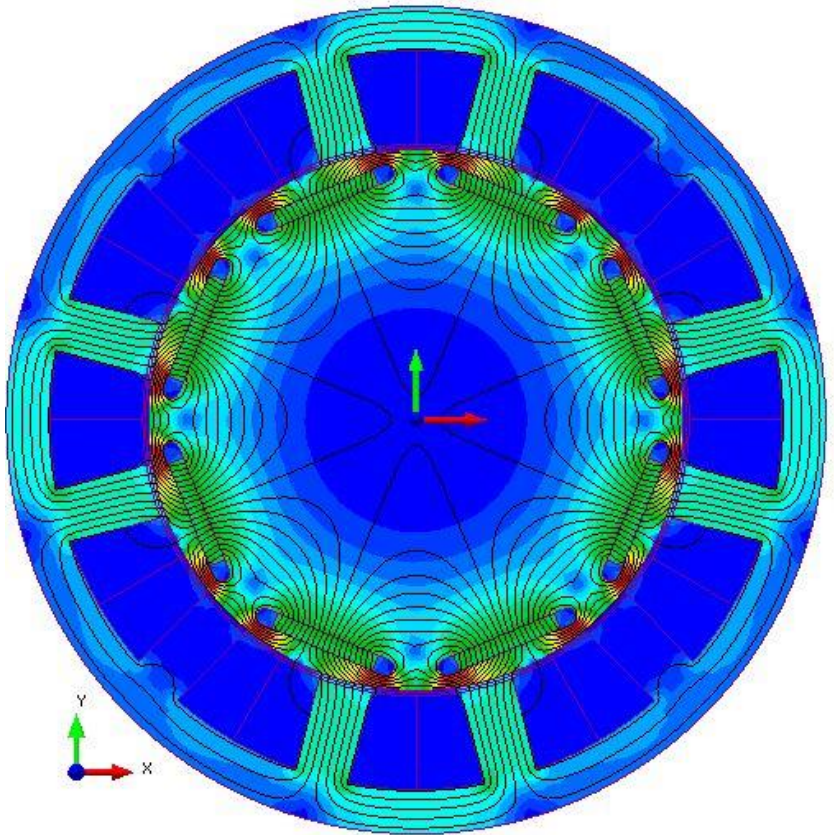
a. Desain PMSG tanpa *flux barrier*



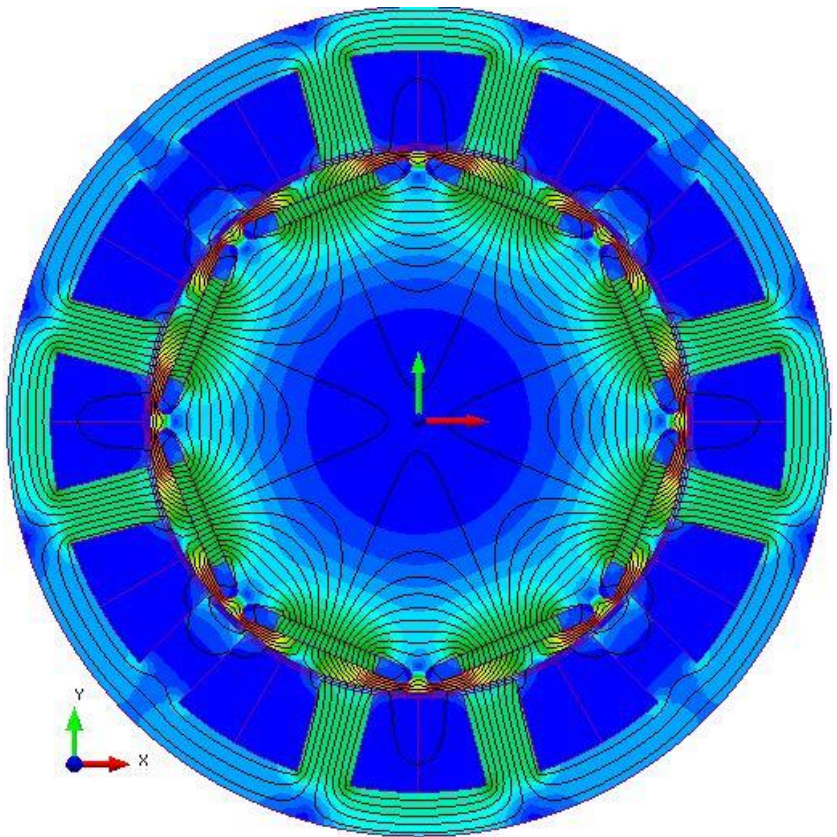
b. Desain PMSG dengan *flux barrier* 1,5 mm



c. Desain PMSG dengan *flux barrier* 3,5 mm



d. Desain PMSG dengan *flux barrier* 6,5 mm4



B. Tabel Data

1. Variasi Kecepatan 1000 RPM

Tabel data PMSG tanpa *flux barrier*

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8.75E-01 | 0 | 0% | 32 | 0.0155 | 2.5480066 | 25.48007 | 1.00E+02 | 0.0394941 | 65% |
| 2 | 0.0005 | 0.926382 | 9.263819 | 8.86E+01 | 0.000463 | 8% | 33 | 0.016 | 2.5101968 | 25.10197 | 1.08E+02 | 0.0401631 | 58% |
| 3 | 0.001 | 1.922766 | 19.22766 | 1.19E+02 | 0.001923 | 27% | 34 | 0.0165 | 2.7244483 | 27.24448 | 1.00E+02 | 0.0449534 | 74% |
| 4 | 0.0015 | 2.908717 | 29.08717 | 1.40E+02 | 0.004363 | 63% | 35 | 0.017 | 2.9016964 | 29.01696 | 5.25E+01 | 0.0493288 | 160% |
| 5 | 0.002 | 3.460992 | 34.60992 | 9.01E+01 | 0.006922 | 160% | 36 | 0.0175 | 2.8671635 | 28.67163 | 7.18E+01 | 0.0501754 | 115% |
| 6 | 0.0025 | 3.384811 | 33.84811 | 9.38E+01 | 0.008462 | 114% | 37 | 0.018 | 2.5476503 | 25.4765 | 1.01E+02 | 0.0458577 | 64% |
| 7 | 0.003 | 2.990678 | 29.90678 | 1.29E+02 | 0.008972 | 64% | 38 | 0.0185 | 2.5118792 | 25.11879 | 1.07E+02 | 0.0464698 | 59% |
| 8 | 0.0035 | 2.959557 | 29.59557 | 1.37E+02 | 0.010358 | 59% | 39 | 0.019 | 2.7259207 | 27.25921 | 1.00E+02 | 0.0517925 | 74% |
| 9 | 0.004 | 3.180781 | 31.80781 | 1.46E+02 | 0.012723 | 74% | 40 | 0.0195 | 2.8952654 | 28.95265 | 4.98E+01 | 0.0564577 | 168% |
| 10 | 0.0045 | 3.487194 | 34.87194 | 8.97E+01 | 0.015692 | 168% | 41 | 0.02 | 2.8654903 | 28.6549 | 7.29E+01 | 0.0573098 | 113% |
| 11 | 0.005 | 3.403945 | 34.03945 | 9.47E+01 | 0.01702 | 113% | 42 | 0.0205 | 2.5480064 | 25.48006 | 1.00E+02 | 0.0522341 | 65% |
| 12 | 0.0055 | 2.999172 | 29.99172 | 1.29E+02 | 0.016495 | 65% | 43 | 0.021 | 2.5101967 | 25.10197 | 1.08E+02 | 0.0527141 | 58% |
| 13 | 0.006 | 2.960778 | 29.60778 | 1.38E+02 | 0.017765 | 58% | 44 | 0.0215 | 2.7244482 | 27.24448 | 1.00E+02 | 0.0585756 | 74% |
| 14 | 0.0065 | 3.178142 | 31.78142 | 1.46E+02 | 0.020658 | 74% | 45 | 0.022 | 2.9016964 | 29.01696 | 5.25E+01 | 0.0638373 | 160% |
| 15 | 0.007 | 3.486877 | 34.86877 | 9.12E+01 | 0.024408 | 160% | 46 | 0.0225 | 2.8671635 | 28.67163 | 7.18E+01 | 0.0645112 | 115% |
| 16 | 0.0075 | 3.407113 | 34.07113 | 9.44E+01 | 0.025553 | 115% | 47 | 0.023 | 2.5476503 | 25.4765 | 1.01E+02 | 0.058596 | 64% |
| 17 | 0.008 | 3.005809 | 30.05809 | 1.30E+02 | 0.024046 | 64% | 48 | 0.0235 | 2.5118792 | 25.11879 | 1.07E+02 | 0.0590292 | 59% |
| 18 | 0.0085 | 2.968192 | 29.68192 | 1.37E+02 | 0.02523 | 59% | 49 | 0.024 | 2.7259208 | 27.25921 | 9.98E+01 | 0.0654221 | 74% |
| 19 | 0.009 | 3.185736 | 31.85736 | 1.46E+02 | 0.028672 | 74% | 50 | 0.0245 | 2.8952655 | 28.95265 | 4.98E+01 | 0.070934 | 168% |
| 20 | 0.0095 | 3.489522 | 34.89522 | 8.98E+01 | 0.03315 | 168% | 51 | 0.025 | 2.8654902 | 28.6549 | 7.29E+01 | 0.0716373 | 113% |
| 21 | 0.01 | 3.405515 | 34.05515 | 9.47E+01 | 0.034055 | 113% | 52 | 0.0255 | 2.5480064 | 25.48006 | 1.00E+02 | 0.0649742 | 65% |
| 22 | 0.0105 | 3.000148 | 30.00148 | 1.29E+02 | 0.031502 | 65% | 53 | 0.026 | 2.5101967 | 25.10197 | 1.08E+02 | 0.0652651 | 58% |
| 23 | 0.011 | 2.961358 | 29.61358 | 1.38E+02 | 0.032575 | 58% | 54 | 0.0265 | 2.7244482 | 27.24448 | 1.00E+02 | 0.0721979 | 74% |
| 24 | 0.0115 | 3.178479 | 31.78479 | 1.46E+02 | 0.036553 | 74% | 55 | 0.027 | 2.9016965 | 29.01696 | 5.25E+01 | 0.0783458 | 160% |
| 25 | 0.012 | 3.486805 | 34.86805 | 9.11E+01 | 0.041842 | 160% | 56 | 0.0275 | 2.8671635 | 28.67164 | 7.18E+01 | 0.078847 | 115% |
| 26 | 0.0125 | 3.407055 | 34.07055 | 9.44E+01 | 0.042588 | 115% | 57 | 0.028 | 2.5476503 | 25.4765 | 1.01E+02 | 0.0713342 | 64% |
| 27 | 0.013 | 3.00577 | 30.0577 | 1.30E+02 | 0.039075 | 64% | 58 | 0.0285 | 2.5118792 | 25.11879 | 1.07E+02 | 0.0715886 | 59% |
| 28 | 0.0135 | 2.96817 | 29.6817 | 1.37E+02 | 0.04007 | 59% | 59 | 0.029 | 2.7259212 | 27.25921 | 1.00E+02 | 0.0790517 | 74% |
| 29 | 0.014 | 3.185724 | 31.85724 | 1.46E+02 | 0.0446 | 74% | 60 | 0.0295 | 2.8952656 | 28.95266 | 4.98E+01 | 0.0854103 | 168% |
| 30 | 0.0145 | 3.489518 | 34.89518 | 8.98E+01 | 0.050598 | 168% | 61 | 0.03 | 2.8654904 | 28.6549 | 7.29E+01 | 0.0859647 | 113% |
| 31 | 0.015 | 3.405513 | 34.05513 | 9.47E+01 | 0.051083 | 113% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 1,5 mm

| | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | |
|----|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|--|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 2.89E+00 | 0 | 0% | | 32 | 0.0155 | 4.4665595 | 44.6656 | 2.80E+02 | 0.0692317 | 71% |
| 2 | 0.0005 | 0.900743 | 9.007434 | 1.49E+02 | 0.00045 | 5% | | 33 | 0.016 | 4.699501 | 46.99501 | 3.33E+02 | 0.075192 | 66% |
| 3 | 0.001 | 1.886203 | 18.86203 | 2.16E+02 | 0.001886 | 16% | | 34 | 0.0165 | 5.1870775 | 51.87078 | 3.45E+02 | 0.0855868 | 78% |
| 4 | 0.0015 | 3.096312 | 30.96312 | 2.55E+02 | 0.004644 | 38% | | 35 | 0.017 | 5.4416653 | 54.41665 | 2.39E+02 | 0.0925083 | 124% |
| 5 | 0.002 | 4.002294 | 40.02294 | 1.92E+02 | 0.008005 | 84% | | 36 | 0.0175 | 5.1025438 | 51.02544 | 2.35E+02 | 0.0892945 | 111% |
| 6 | 0.0025 | 4.470715 | 44.70715 | 2.37E+02 | 0.011177 | 84% | | 37 | 0.018 | 4.4695214 | 44.69521 | 2.84E+02 | 0.0804514 | 70% |
| 7 | 0.003 | 4.499679 | 44.99679 | 2.87E+02 | 0.013499 | 71% | | 38 | 0.0185 | 4.702326 | 47.02326 | 3.30E+02 | 0.086993 | 67% |
| 8 | 0.0035 | 4.721325 | 47.21325 | 3.36E+02 | 0.016525 | 66% | | 39 | 0.019 | 5.1887748 | 51.88775 | 3.44E+02 | 0.0985867 | 78% |
| 9 | 0.004 | 5.203076 | 52.03076 | 3.49E+02 | 0.020812 | 78% | | 40 | 0.0195 | 5.4376102 | 54.3761 | 2.33E+02 | 0.1060334 | 127% |
| 10 | 0.0045 | 5.451885 | 54.51885 | 2.38E+02 | 0.024533 | 125% | | 41 | 0.02 | 5.1069509 | 51.06951 | 2.38E+02 | 0.102139 | 110% |
| 11 | 0.005 | 5.123407 | 51.23407 | 2.42E+02 | 0.025617 | 109% | | 42 | 0.0205 | 4.4696274 | 44.69627 | 2.80E+02 | 0.0916274 | 71% |
| 12 | 0.0055 | 4.540467 | 45.40467 | 2.85E+02 | 0.024973 | 72% | | 43 | 0.021 | 4.7018849 | 47.01885 | 3.33E+02 | 0.0987396 | 66% |
| 13 | 0.006 | 4.755741 | 47.55741 | 3.38E+02 | 0.028534 | 67% | | 44 | 0.0215 | 5.1889613 | 51.88961 | 3.45E+02 | 0.1115627 | 78% |
| 14 | 0.0065 | 5.231332 | 52.31332 | 3.49E+02 | 0.034004 | 78% | | 45 | 0.022 | 5.4431725 | 54.43172 | 2.39E+02 | 0.1197498 | 124% |
| 15 | 0.007 | 5.477836 | 54.77836 | 2.43E+02 | 0.038345 | 124% | | 46 | 0.0225 | 5.103708 | 51.03708 | 2.35E+02 | 0.1148334 | 111% |
| 16 | 0.0075 | 5.131955 | 51.31955 | 2.37E+02 | 0.03849 | 111% | | 47 | 0.023 | 4.4699633 | 44.69963 | 2.84E+02 | 0.1028092 | 70% |
| 17 | 0.008 | 4.498224 | 44.98224 | 2.85E+02 | 0.035986 | 71% | | 48 | 0.0235 | 4.7026988 | 47.02699 | 3.30E+02 | 0.1105134 | 67% |
| 18 | 0.0085 | 4.724925 | 47.24925 | 3.32E+02 | 0.040162 | 67% | | 49 | 0.024 | 5.1890741 | 51.89074 | 3.44E+02 | 0.1245378 | 78% |
| 19 | 0.009 | 5.206678 | 52.06678 | 3.45E+02 | 0.04686 | 79% | | 50 | 0.0245 | 5.4378311 | 54.37831 | 2.33E+02 | 0.1332269 | 127% |
| 20 | 0.0095 | 5.451753 | 54.51753 | 2.34E+02 | 0.051792 | 127% | | 51 | 0.025 | 5.107085 | 51.07085 | 2.38E+02 | 0.1276771 | 110% |
| 21 | 0.01 | 5.117496 | 51.17496 | 2.38E+02 | 0.051175 | 110% | | 52 | 0.0255 | 4.4692471 | 44.69247 | 2.80E+02 | 0.1139658 | 71% |
| 22 | 0.0105 | 4.469145 | 44.69145 | 2.80E+02 | 0.046926 | 71% | | 53 | 0.026 | 4.7016036 | 47.01604 | 3.33E+02 | 0.1222417 | 66% |
| 23 | 0.011 | 4.701889 | 47.01889 | 3.33E+02 | 0.051721 | 66% | | 54 | 0.0265 | 5.1887413 | 51.88741 | 3.45E+02 | 0.1375016 | 78% |
| 24 | 0.0115 | 5.189025 | 51.89025 | 3.45E+02 | 0.059674 | 78% | | 55 | 0.027 | 5.4429874 | 54.42987 | 2.39E+02 | 0.1469607 | 124% |
| 25 | 0.012 | 5.442982 | 54.42982 | 2.39E+02 | 0.065316 | 124% | | 56 | 0.0275 | 5.1035476 | 51.03548 | 2.35E+02 | 0.1403476 | 111% |
| 26 | 0.0125 | 5.103094 | 51.03094 | 2.35E+02 | 0.063789 | 111% | | 57 | 0.028 | 4.4696946 | 44.69695 | 2.83E+02 | 0.1251514 | 70% |
| 27 | 0.013 | 4.464177 | 44.64177 | 2.83E+02 | 0.058034 | 70% | | 58 | 0.0285 | 4.7024911 | 47.02491 | 3.30E+02 | 0.134021 | 67% |
| 28 | 0.0135 | 4.698328 | 46.98328 | 3.30E+02 | 0.063427 | 67% | | 59 | 0.029 | 5.1889102 | 51.8891 | 3.44E+02 | 0.1504784 | 78% |
| 29 | 0.014 | 5.185641 | 51.85641 | 3.44E+02 | 0.072599 | 78% | | 60 | 0.0295 | 5.4376994 | 54.37699 | 2.33E+02 | 0.1604121 | 127% |
| 30 | 0.0145 | 5.435003 | 54.35003 | 2.33E+02 | 0.078808 | 127% | | 61 | 0.03 | 5.1069821 | 51.06982 | 2.38E+02 | 0.1532095 | 110% |
| 31 | 0.015 | 5.10475 | 51.0475 | 2.37E+02 | 0.076571 | 110% | | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 3,5 mm

| | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | |
|----|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|--|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 4,34E+00 | 0 | 0% | | 32 | 0,0155 | 6,2102093 | 62,10209 | 4,36E+02 | 0,0962582 | 88% |
| 2 | 0,0005 | 0,953565 | 9,535647 | 2,27E+02 | 0,000477 | 4% | | 33 | 0,016 | 5,9398419 | 59,39842 | 5,84E+02 | 0,0950375 | 60% |
| 3 | 0,001 | 2,012565 | 20,12565 | 3,32E+02 | 0,002013 | 12% | | 34 | 0,0165 | 6,7634856 | 67,63486 | 6,39E+02 | 0,1115975 | 72% |
| 4 | 0,0015 | 3,375215 | 33,75215 | 4,22E+02 | 0,005063 | 27% | | 35 | 0,017 | 7,3666601 | 73,6666 | 4,91E+02 | 0,1252332 | 111% |
| 5 | 0,002 | 4,513762 | 45,13762 | 3,41E+02 | 0,009028 | 60% | | 36 | 0,0175 | 7,2680476 | 72,68048 | 4,20E+02 | 0,1271908 | 126% |
| 6 | 0,0025 | 5,274227 | 52,74227 | 4,31E+02 | 0,013186 | 65% | | 37 | 0,018 | 6,2261774 | 62,26177 | 4,40E+02 | 0,1120712 | 88% |
| 7 | 0,003 | 5,573381 | 55,73381 | 4,98E+02 | 0,01672 | 62% | | 38 | 0,0185 | 5,9977825 | 59,97782 | 5,93E+02 | 0,110959 | 61% |
| 8 | 0,0035 | 6,083312 | 60,83312 | 6,29E+02 | 0,021292 | 59% | | 39 | 0,019 | 6,8129201 | 68,1292 | 6,34E+02 | 0,1294455 | 73% |
| 9 | 0,004 | 6,879226 | 68,79226 | 6,79E+02 | 0,027517 | 70% | | 40 | 0,0195 | 7,4044743 | 74,04474 | 4,94E+02 | 0,1443872 | 111% |
| 10 | 0,0045 | 7,498694 | 74,98694 | 5,36E+02 | 0,033744 | 105% | | 41 | 0,02 | 7,2976548 | 72,97655 | 4,18E+02 | 0,1459531 | 127% |
| 11 | 0,005 | 7,462527 | 74,62527 | 4,61E+02 | 0,037313 | 121% | | 42 | 0,0205 | 6,2463025 | 62,46302 | 4,45E+02 | 0,1280492 | 88% |
| 12 | 0,0055 | 6,456277 | 64,56277 | 4,72E+02 | 0,03551 | 88% | | 43 | 0,021 | 6,0255678 | 60,25568 | 5,96E+02 | 0,1265369 | 61% |
| 13 | 0,006 | 6,314396 | 63,14396 | 6,27E+02 | 0,037886 | 64% | | 44 | 0,0215 | 6,8406489 | 68,40649 | 6,45E+02 | 0,147074 | 73% |
| 14 | 0,0065 | 7,087114 | 70,87114 | 6,90E+02 | 0,046066 | 73% | | 45 | 0,022 | 7,4291351 | 74,29135 | 4,97E+02 | 0,163441 | 111% |
| 15 | 0,007 | 7,67161 | 76,7161 | 5,29E+02 | 0,053701 | 111% | | 46 | 0,0225 | 7,3029148 | 73,02915 | 4,21E+02 | 0,1643156 | 127% |
| 16 | 0,0075 | 7,571364 | 75,71364 | 4,46E+02 | 0,056785 | 128% | | 47 | 0,023 | 6,2396654 | 62,39665 | 4,45E+02 | 0,1435123 | 87% |
| 17 | 0,008 | 6,505979 | 65,05979 | 4,42E+02 | 0,052048 | 96% | | 48 | 0,0235 | 6,0433043 | 60,43304 | 5,99E+02 | 0,1420177 | 61% |
| 18 | 0,0085 | 6,089171 | 60,89171 | 5,94E+02 | 0,051758 | 62% | | 49 | 0,024 | 6,8544303 | 68,5443 | 6,36E+02 | 0,1645063 | 74% |
| 19 | 0,009 | 6,890305 | 68,90305 | 6,40E+02 | 0,062013 | 74% | | 50 | 0,0245 | 7,4348951 | 74,34895 | 4,95E+02 | 0,1821549 | 112% |
| 20 | 0,0095 | 7,481792 | 74,81792 | 4,97E+02 | 0,071077 | 113% | | 51 | 0,025 | 7,3043811 | 73,04381 | 4,17E+02 | 0,1826095 | 128% |
| 21 | 0,01 | 7,393462 | 73,93462 | 4,16E+02 | 0,073935 | 132% | | 52 | 0,0255 | 6,2369873 | 62,36987 | 4,48E+02 | 0,1590432 | 87% |
| 22 | 0,0105 | 6,344067 | 63,44067 | 4,29E+02 | 0,066613 | 94% | | 53 | 0,026 | 6,0568269 | 60,56827 | 6,01E+02 | 0,1574775 | 61% |
| 23 | 0,011 | 5,902522 | 59,02522 | 5,71E+02 | 0,064928 | 61% | | 54 | 0,0265 | 6,8698243 | 68,69824 | 6,45E+02 | 0,1820503 | 73% |
| 24 | 0,0115 | 6,729284 | 67,29284 | 6,31E+02 | 0,077387 | 72% | | 55 | 0,027 | 7,4486426 | 74,48643 | 4,98E+02 | 0,2011134 | 111% |
| 25 | 0,012 | 7,338577 | 73,38577 | 4,82E+02 | 0,088063 | 112% | | 56 | 0,0275 | 7,3009094 | 73,00909 | 4,20E+02 | 0,200775 | 127% |
| 26 | 0,0125 | 7,255629 | 72,55629 | 4,13E+02 | 0,090695 | 127% | | 57 | 0,028 | 6,2239537 | 62,23954 | 4,50E+02 | 0,1742707 | 86% |
| 27 | 0,013 | 6,22338 | 62,2338 | 4,27E+02 | 0,080904 | 91% | | 58 | 0,0285 | 6,0788413 | 60,78841 | 6,05E+02 | 0,173247 | 61% |
| 28 | 0,0135 | 5,882485 | 58,82485 | 5,77E+02 | 0,079414 | 60% | | 59 | 0,029 | 6,8869711 | 68,86971 | 6,38E+02 | 0,1997222 | 74% |
| 29 | 0,014 | 6,710333 | 67,10333 | 6,21E+02 | 0,093945 | 72% | | 60 | 0,0295 | 7,4577816 | 74,57782 | 4,97E+02 | 0,2200046 | 112% |
| 30 | 0,0145 | 7,317273 | 73,17273 | 4,84E+02 | 0,1061 | 111% | | 61 | 0,03 | 7,382345 | 73,82345 | 4,41E+02 | 0,2214703 | 124% |
| 31 | 0,015 | 7,238748 | 72,38748 | 4,12E+02 | 0,108581 | 127% | | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 6,5 mm

| | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | |
|----|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|--|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5.78E+00 | 0 | 0% | | 32 | 0.0155 | 7.6623657 | 76.62366 | 5.01E+02 | 0.1187667 | 117% |
| 2 | 0.0005 | 0.978747 | 9.787471 | 3.05E+02 | 0.000489 | 3% | | 33 | 0.016 | 6.5042926 | 65.04293 | 6.96E+02 | 0.1040687 | 61% |
| 3 | 0.001 | 2.102212 | 21.02212 | 4.66E+02 | 0.002102 | 9% | | 34 | 0.0165 | 7.2275646 | 72.27565 | 8.50E+02 | 0.1192548 | 61% |
| 4 | 0.0015 | 3.516146 | 35.16146 | 5.93E+02 | 0.005274 | 21% | | 35 | 0.017 | 8.1786046 | 81.78605 | 7.03E+02 | 0.1390363 | 95% |
| 5 | 0.002 | 4.791825 | 47.91825 | 5.16E+02 | 0.009584 | 45% | | 36 | 0.0175 | 8.4524668 | 84.52467 | 5.62E+02 | 0.1479182 | 127% |
| 6 | 0.0025 | 5.739783 | 57.39783 | 6.36E+02 | 0.014349 | 52% | | 37 | 0.018 | 7.6500826 | 76.50083 | 5.09E+02 | 0.1377015 | 115% |
| 7 | 0.003 | 6.223157 | 62.23157 | 7.39E+02 | 0.018669 | 52% | | 38 | 0.0185 | 6.4923623 | 64.92362 | 6.91E+02 | 0.1201087 | 61% |
| 8 | 0.0035 | 6.943025 | 69.43025 | 9.48E+02 | 0.024301 | 51% | | 39 | 0.019 | 7.2266172 | 72.26617 | 8.48E+02 | 0.1373057 | 62% |
| 9 | 0.004 | 7.993624 | 79.93624 | 1.09E+03 | 0.031974 | 59% | | 40 | 0.0195 | 8.1736836 | 81.73684 | 6.90E+02 | 0.1593868 | 97% |
| 10 | 0.0045 | 8.946403 | 89.46403 | 9.07E+02 | 0.040259 | 88% | | 41 | 0.02 | 8.4538909 | 84.53891 | 5.69E+02 | 0.1690778 | 126% |
| 11 | 0.005 | 9.233876 | 92.33876 | 7.58E+02 | 0.046169 | 113% | | 42 | 0.0205 | 7.6526366 | 76.52637 | 5.01E+02 | 0.156879 | 117% |
| 12 | 0.0055 | 8.412722 | 84.12722 | 6.58E+02 | 0.04627 | 108% | | 43 | 0.021 | 6.4963961 | 64.96396 | 6.96E+02 | 0.1364243 | 61% |
| 13 | 0.006 | 7.350731 | 73.50731 | 8.78E+02 | 0.044104 | 62% | | 44 | 0.0215 | 7.2243313 | 72.24331 | 8.50E+02 | 0.1553231 | 61% |
| 14 | 0.0065 | 8.249371 | 82.49371 | 9.99E+02 | 0.053621 | 68% | | 45 | 0.022 | 8.1755714 | 81.75571 | 7.03E+02 | 0.1798626 | 95% |
| 15 | 0.007 | 9.13937 | 91.3937 | 8.23E+02 | 0.063976 | 101% | | 46 | 0.0225 | 8.4497455 | 84.49745 | 5.61E+02 | 0.1901193 | 127% |
| 16 | 0.0075 | 9.315382 | 93.15382 | 6.10E+02 | 0.069865 | 142% | | 47 | 0.023 | 7.6478047 | 76.47805 | 5.09E+02 | 0.1758995 | 115% |
| 17 | 0.008 | 8.375865 | 83.75865 | 5.06E+02 | 0.067007 | 139% | | 48 | 0.0235 | 6.4905138 | 64.90514 | 6.91E+02 | 0.1525271 | 61% |
| 18 | 0.0085 | 7.084708 | 70.84708 | 6.72E+02 | 0.06022 | 75% | | 49 | 0.024 | 7.2258642 | 72.25864 | 8.47E+02 | 0.1734207 | 62% |
| 19 | 0.009 | 7.498011 | 74.98011 | 8.85E+02 | 0.067482 | 64% | | 50 | 0.0245 | 8.1729728 | 81.72973 | 6.90E+02 | 0.2002378 | 97% |
| 20 | 0.0095 | 8.428391 | 84.28391 | 7.20E+02 | 0.080007 | 99% | | 51 | 0.025 | 8.4532533 | 84.53253 | 5.69E+02 | 0.2113313 | 126% |
| 21 | 0.01 | 8.681984 | 86.81984 | 5.80E+02 | 0.08682 | 130% | | 52 | 0.0255 | 7.6521032 | 76.52103 | 5.01E+02 | 0.1951286 | 117% |
| 22 | 0.0105 | 7.84319 | 78.4319 | 4.98E+02 | 0.082353 | 123% | | 53 | 0.026 | 6.4959632 | 64.95963 | 6.96E+02 | 0.168895 | 61% |
| 23 | 0.011 | 6.650843 | 66.50843 | 6.89E+02 | 0.073159 | 64% | | 54 | 0.0265 | 7.2241538 | 72.24154 | 8.50E+02 | 0.1914401 | 61% |
| 24 | 0.0115 | 7.286269 | 72.86269 | 8.58E+02 | 0.083792 | 62% | | 55 | 0.027 | 8.1754048 | 81.75405 | 7.03E+02 | 0.2207359 | 95% |
| 25 | 0.012 | 8.233681 | 82.33681 | 7.10E+02 | 0.098804 | 96% | | 56 | 0.0275 | 8.4495959 | 84.49596 | 5.61E+02 | 0.2323639 | 127% |
| 26 | 0.0125 | 8.501881 | 85.01881 | 5.64E+02 | 0.106274 | 128% | | 57 | 0.028 | 7.6476796 | 76.4768 | 5.09E+02 | 0.214135 | 115% |
| 27 | 0.013 | 7.691453 | 76.91453 | 5.08E+02 | 0.099989 | 116% | | 58 | 0.0285 | 6.4904123 | 64.90412 | 6.91E+02 | 0.1849768 | 61% |
| 28 | 0.0135 | 6.525942 | 65.25942 | 6.89E+02 | 0.0881 | 62% | | 59 | 0.029 | 7.2258227 | 72.25823 | 8.48E+02 | 0.2095489 | 62% |
| 29 | 0.014 | 7.240432 | 72.40432 | 8.50E+02 | 0.101366 | 62% | | 60 | 0.0295 | 8.1729338 | 81.72934 | 6.90E+02 | 0.2411015 | 97% |
| 30 | 0.0145 | 8.186651 | 81.86651 | 6.92E+02 | 0.118706 | 97% | | 61 | 0.03 | 8.4532184 | 84.53218 | 5.69E+02 | 0.2535966 | 126% |
| 31 | 0.015 | 8.46552 | 84.6552 | 5.70E+02 | 0.126983 | 126% | | | | | | | | |

2. Variasi Kecepatan 2000 RPM

Tabel data PMSG tanpa *flux barrier*

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 8,75E-01 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 3,0001449 | 30,00145 | 1,29E+02 | 0,0465022 | 70% | |
| 2 | 0,0005 | 0,926382 | 9,263819 | 8,86E+01 | 0,000463 | 10% | 33 | 0,016 | 2,9613568 | 29,61357 | 1,38E+02 | 0,0473817 | 63% |
| 3 | 0,001 | 1,922766 | 19,22766 | 1,19E+02 | 0,001923 | 31% | 34 | 0,0165 | 3,1784786 | 31,78479 | 1,46E+02 | 0,0524449 | 69% |
| 4 | 0,0015 | 2,908717 | 29,08717 | 1,40E+02 | 0,004363 | 60% | 35 | 0,017 | 3,4868052 | 34,86805 | 9,11E+01 | 0,0592757 | 133% |
| 5 | 0,002 | 3,460992 | 34,60992 | 9,01E+01 | 0,006922 | 133% | 36 | 0,0175 | 3,4070555 | 34,07056 | 9,44E+01 | 0,0596235 | 123% |
| 6 | 0,0025 | 3,384811 | 33,84811 | 9,38E+01 | 0,008462 | 122% | 37 | 0,018 | 3,0057702 | 30,0577 | 1,30E+02 | 0,0541039 | 70% |
| 7 | 0,003 | 2,990678 | 29,90678 | 1,29E+02 | 0,008972 | 69% | 38 | 0,0185 | 2,96817 | 29,6817 | 1,37E+02 | 0,0549111 | 64% |
| 8 | 0,0035 | 2,959557 | 29,59557 | 1,37E+02 | 0,010358 | 64% | 39 | 0,019 | 3,185725 | 31,85725 | 1,46E+02 | 0,0605288 | 69% |
| 9 | 0,004 | 3,180781 | 31,80781 | 1,46E+02 | 0,012723 | 69% | 40 | 0,0195 | 3,4895176 | 34,89518 | 8,98E+01 | 0,0680456 | 136% |
| 10 | 0,0045 | 3,487194 | 34,87194 | 8,97E+01 | 0,015692 | 136% | 41 | 0,02 | 3,4055123 | 34,05512 | 9,47E+01 | 0,0681102 | 122% |
| 11 | 0,005 | 3,403945 | 34,03945 | 9,47E+01 | 0,01702 | 122% | 42 | 0,0205 | 3,0001461 | 30,00146 | 1,29E+02 | 0,061503 | 70% |
| 12 | 0,0055 | 2,999172 | 29,99172 | 1,29E+02 | 0,016495 | 70% | 43 | 0,021 | 2,9613565 | 29,61356 | 1,38E+02 | 0,0621885 | 63% |
| 13 | 0,006 | 2,960778 | 29,60778 | 1,38E+02 | 0,017765 | 63% | 44 | 0,0215 | 3,1784783 | 31,78478 | 1,46E+02 | 0,0683373 | 69% |
| 14 | 0,0065 | 3,178142 | 31,78142 | 1,46E+02 | 0,020658 | 69% | 45 | 0,022 | 3,4868052 | 34,86805 | 9,11E+01 | 0,0767097 | 133% |
| 15 | 0,007 | 3,486877 | 34,86877 | 9,12E+01 | 0,024408 | 133% | 46 | 0,0225 | 3,4070556 | 34,07056 | 9,44E+01 | 0,0766588 | 123% |
| 16 | 0,0075 | 3,407113 | 34,07113 | 9,44E+01 | 0,025553 | 123% | 47 | 0,023 | 3,0057702 | 30,0577 | 1,30E+02 | 0,0691327 | 70% |
| 17 | 0,008 | 3,005809 | 30,05809 | 1,30E+02 | 0,024046 | 70% | 48 | 0,0235 | 2,9681701 | 29,6817 | 1,37E+02 | 0,069752 | 64% |
| 18 | 0,0085 | 2,968192 | 29,68192 | 1,37E+02 | 0,02523 | 64% | 49 | 0,024 | 3,1857239 | 31,85724 | 1,46E+02 | 0,0764574 | 70% |
| 19 | 0,009 | 3,185736 | 31,85736 | 1,46E+02 | 0,028672 | 70% | 50 | 0,0245 | 3,4895182 | 34,89518 | 8,98E+01 | 0,0854932 | 136% |
| 20 | 0,0095 | 3,489522 | 34,89522 | 8,98E+01 | 0,03315 | 136% | 51 | 0,025 | 3,4055125 | 34,05513 | 9,47E+01 | 0,0851378 | 122% |
| 21 | 0,01 | 3,405515 | 34,05515 | 9,47E+01 | 0,034055 | 122% | 52 | 0,0255 | 3,0001464 | 30,00146 | 1,29E+02 | 0,0765037 | 70% |
| 22 | 0,0105 | 3,000148 | 30,00148 | 1,29E+02 | 0,031502 | 70% | 53 | 0,026 | 2,9613568 | 29,61357 | 1,38E+02 | 0,0769953 | 63% |
| 23 | 0,011 | 2,961358 | 29,61358 | 1,38E+02 | 0,032575 | 63% | 54 | 0,0265 | 3,1784785 | 31,78478 | 1,46E+02 | 0,0842297 | 69% |
| 24 | 0,0115 | 3,178479 | 31,78479 | 1,46E+02 | 0,036553 | 69% | 55 | 0,027 | 3,4868053 | 34,86805 | 9,11E+01 | 0,0941437 | 133% |
| 25 | 0,012 | 3,486805 | 34,86805 | 9,11E+01 | 0,041842 | 133% | 56 | 0,0275 | 3,4070556 | 34,07056 | 9,44E+01 | 0,093694 | 123% |
| 26 | 0,0125 | 3,407055 | 34,07055 | 9,44E+01 | 0,042588 | 123% | 57 | 0,028 | 3,0057702 | 30,0577 | 1,30E+02 | 0,0841616 | 70% |
| 27 | 0,013 | 3,00577 | 30,0577 | 1,30E+02 | 0,039075 | 70% | 58 | 0,0285 | 2,9681701 | 29,6817 | 1,37E+02 | 0,0845928 | 64% |
| 28 | 0,0135 | 2,96817 | 29,6817 | 1,37E+02 | 0,04007 | 64% | 59 | 0,029 | 3,1857251 | 31,85725 | 1,46E+02 | 0,092386 | 69% |
| 29 | 0,014 | 3,185724 | 31,85724 | 1,46E+02 | 0,0446 | 69% | 60 | 0,0295 | 3,4895175 | 34,89518 | 8,98E+01 | 0,1029408 | 136% |
| 30 | 0,0145 | 3,489518 | 34,89518 | 8,98E+01 | 0,050598 | 136% | 61 | 0,03 | 3,4055123 | 34,05512 | 9,47E+01 | 0,1021654 | 122% |
| 31 | 0,015 | 3,405513 | 34,05513 | 9,47E+01 | 0,051083 | 122% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 1,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1,75E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 5,4719153 | 54,71915 | 3,88E+02 | 0,0848147 | 77% |
| 2 | 0,0005 | 1,082461 | 10,82461 | 1,86E+02 | 0,000541 | 6% | 33 | 0,016 | 5,7201698 | 57,2017 | 4,59E+02 | 0,0915227 | 71% |
| 3 | 0,001 | 2,291857 | 22,91857 | 2,76E+02 | 0,002292 | 19% | 34 | 0,0165 | 6,2570165 | 62,57016 | 5,15E+02 | 0,1032408 | 76% |
| 4 | 0,0015 | 3,69299 | 36,9299 | 3,69E+02 | 0,005539 | 37% | 35 | 0,017 | 6,6106159 | 66,10616 | 3,96E+02 | 0,1123805 | 110% |
| 5 | 0,002 | 4,823466 | 48,23466 | 3,10E+02 | 0,009647 | 75% | 36 | 0,0175 | 6,0869083 | 60,86908 | 3,18E+02 | 0,1065209 | 117% |
| 6 | 0,0025 | 5,337335 | 53,37335 | 3,13E+02 | 0,013343 | 91% | 37 | 0,018 | 5,4754441 | 54,75444 | 3,90E+02 | 0,098558 | 77% |
| 7 | 0,003 | 5,349223 | 53,49223 | 3,81E+02 | 0,016048 | 75% | 38 | 0,0185 | 5,7277428 | 57,27743 | 4,58E+02 | 0,1059632 | 72% |
| 8 | 0,0035 | 5,632082 | 56,32082 | 4,48E+02 | 0,019712 | 71% | 39 | 0,019 | 6,2672451 | 62,67245 | 5,15E+02 | 0,1190777 | 76% |
| 9 | 0,004 | 6,191924 | 61,91924 | 5,06E+02 | 0,024768 | 76% | 40 | 0,0195 | 6,6157552 | 66,15755 | 3,94E+02 | 0,1290072 | 111% |
| 10 | 0,0045 | 6,55457 | 65,5457 | 3,87E+02 | 0,029496 | 111% | 41 | 0,02 | 6,0881839 | 60,88184 | 3,18E+02 | 0,1217637 | 117% |
| 11 | 0,005 | 6,040507 | 60,40507 | 3,14E+02 | 0,030203 | 116% | 42 | 0,0205 | 5,4713075 | 54,71307 | 3,88E+02 | 0,1121618 | 77% |
| 12 | 0,0055 | 5,423537 | 54,23537 | 3,85E+02 | 0,029829 | 76% | 43 | 0,021 | 5,7196573 | 57,19657 | 4,59E+02 | 0,1201128 | 71% |
| 13 | 0,006 | 5,682149 | 56,82149 | 4,56E+02 | 0,034093 | 71% | 44 | 0,0215 | 6,2566041 | 62,56604 | 5,15E+02 | 0,134517 | 76% |
| 14 | 0,0065 | 6,226854 | 62,26854 | 5,13E+02 | 0,040475 | 76% | 45 | 0,022 | 6,6103124 | 66,10312 | 3,96E+02 | 0,1454269 | 110% |
| 15 | 0,007 | 6,586939 | 65,86939 | 3,94E+02 | 0,046109 | 110% | 46 | 0,0225 | 6,0867272 | 60,86727 | 3,18E+02 | 0,1369514 | 117% |
| 16 | 0,0075 | 6,069886 | 60,69886 | 3,17E+02 | 0,045524 | 116% | 47 | 0,023 | 5,475928 | 54,75928 | 3,90E+02 | 0,1259463 | 77% |
| 17 | 0,008 | 5,475977 | 54,75977 | 3,90E+02 | 0,043808 | 77% | 48 | 0,0235 | 5,7280977 | 57,28098 | 4,58E+02 | 0,1346103 | 72% |
| 18 | 0,0085 | 5,727538 | 57,27538 | 4,58E+02 | 0,048684 | 72% | 49 | 0,024 | 6,2675242 | 62,67524 | 5,15E+02 | 0,1504206 | 76% |
| 19 | 0,009 | 6,26698 | 62,6698 | 5,15E+02 | 0,056403 | 76% | 50 | 0,0245 | 6,6159882 | 66,15988 | 3,94E+02 | 0,1620917 | 111% |
| 20 | 0,0095 | 6,615909 | 66,15909 | 3,94E+02 | 0,062851 | 111% | 51 | 0,025 | 6,0883764 | 60,88376 | 3,18E+02 | 0,1522094 | 117% |
| 21 | 0,01 | 6,088945 | 60,88945 | 3,19E+02 | 0,060889 | 116% | 52 | 0,0255 | 5,4716356 | 54,71636 | 3,88E+02 | 0,1395267 | 77% |
| 22 | 0,0105 | 5,479987 | 54,79987 | 3,88E+02 | 0,05754 | 77% | 53 | 0,026 | 5,7199107 | 57,19911 | 4,59E+02 | 0,1487177 | 71% |
| 23 | 0,011 | 5,726193 | 57,26193 | 4,59E+02 | 0,062988 | 71% | 54 | 0,0265 | 6,2568004 | 62,568 | 5,15E+02 | 0,1658052 | 76% |
| 24 | 0,0115 | 6,261741 | 62,61741 | 5,16E+02 | 0,07201 | 76% | 55 | 0,027 | 6,6104727 | 66,10473 | 3,96E+02 | 0,1784828 | 110% |
| 25 | 0,012 | 6,614512 | 66,14512 | 3,96E+02 | 0,079374 | 110% | 56 | 0,0275 | 6,086847 | 60,86847 | 3,18E+02 | 0,1673883 | 117% |
| 26 | 0,0125 | 6,090045 | 60,90045 | 3,18E+02 | 0,076126 | 117% | 57 | 0,028 | 5,4759948 | 54,75995 | 3,90E+02 | 0,1533279 | 77% |
| 27 | 0,013 | 5,479825 | 54,79825 | 3,90E+02 | 0,071238 | 77% | 58 | 0,0285 | 5,7281535 | 57,28154 | 4,58E+02 | 0,1632524 | 72% |
| 28 | 0,0135 | 5,731139 | 57,31139 | 4,58E+02 | 0,07737 | 72% | 59 | 0,029 | 6,2675674 | 62,67567 | 5,15E+02 | 0,1817595 | 76% |
| 29 | 0,014 | 6,269932 | 62,69932 | 5,15E+02 | 0,087779 | 76% | 60 | 0,0295 | 6,6160211 | 66,16021 | 3,94E+02 | 0,1951726 | 111% |
| 30 | 0,0145 | 6,617892 | 66,17892 | 3,94E+02 | 0,095959 | 111% | 61 | 0,03 | 6,0883981 | 60,88398 | 3,18E+02 | 0,1826519 | 117% |
| 31 | 0,015 | 6,089769 | 60,89769 | 3,18E+02 | 0,091347 | 117% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan flux barrier 3,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 2,63E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 7,3664795 | 73,6648 | 6,06E+02 | 0,1141804 | 89% | |
| 2 | 0,0005 | 1,144922 | 11,44922 | 2,84E+02 | 0,000572 | 5% | 33 | 0,016 | 7,3409563 | 73,40956 | 8,35E+02 | 0,1174553 | 65% |
| 3 | 0,001 | 2,445108 | 24,45108 | 4,31E+02 | 0,002445 | 14% | 34 | 0,0165 | 8,3170647 | 83,17065 | 9,83E+02 | 0,1372316 | 70% |
| 4 | 0,0015 | 4,03583 | 40,3583 | 6,10E+02 | 0,006054 | 27% | 35 | 0,017 | 9,1200024 | 91,20002 | 8,11E+02 | 0,15504 | 103% |
| 5 | 0,002 | 5,460487 | 54,60487 | 5,51E+02 | 0,010921 | 54% | 36 | 0,0175 | 8,8193575 | 88,19357 | 5,68E+02 | 0,1543388 | 137% |
| 6 | 0,0025 | 6,320906 | 63,20906 | 5,70E+02 | 0,015802 | 70% | 37 | 0,018 | 7,377964 | 73,77964 | 6,12E+02 | 0,1328034 | 89% |
| 7 | 0,003 | 6,664147 | 66,64147 | 6,80E+02 | 0,019992 | 65% | 38 | 0,0185 | 7,3983709 | 73,98371 | 8,47E+02 | 0,1368699 | 65% |
| 8 | 0,0035 | 7,308301 | 73,08301 | 8,56E+02 | 0,025579 | 62% | 39 | 0,019 | 8,3730475 | 83,73047 | 9,83E+02 | 0,1590879 | 71% |
| 9 | 0,004 | 8,279622 | 82,79622 | 1,00E+03 | 0,033118 | 68% | 40 | 0,0195 | 9,1647278 | 91,64728 | 8,18E+02 | 0,1787122 | 103% |
| 10 | 0,0045 | 9,118792 | 91,18792 | 8,56E+02 | 0,041035 | 97% | 41 | 0,02 | 8,8386009 | 88,38601 | 5,66E+02 | 0,176772 | 138% |
| 11 | 0,005 | 8,903929 | 89,03929 | 6,03E+02 | 0,044452 | 131% | 42 | 0,0205 | 7,3832814 | 73,83281 | 6,15E+02 | 0,1513573 | 89% |
| 12 | 0,0055 | 7,513095 | 75,13095 | 6,39E+02 | 0,041322 | 88% | 43 | 0,021 | 7,4203398 | 74,2034 | 8,50E+02 | 0,1558271 | 65% |
| 13 | 0,006 | 7,580897 | 75,80897 | 8,64E+02 | 0,045485 | 67% | 44 | 0,0215 | 8,3910345 | 83,91035 | 9,91E+02 | 0,1804072 | 71% |
| 14 | 0,0065 | 8,520879 | 85,20879 | 1,02E+03 | 0,055386 | 71% | 45 | 0,022 | 9,176838 | 91,76838 | 8,14E+02 | 0,2018904 | 103% |
| 15 | 0,007 | 9,319394 | 93,19394 | 8,48E+02 | 0,065236 | 102% | 46 | 0,0225 | 8,8397109 | 88,39711 | 5,68E+02 | 0,1988935 | 138% |
| 16 | 0,0075 | 9,040968 | 90,40968 | 5,90E+02 | 0,067807 | 139% | 47 | 0,023 | 7,3793226 | 73,79323 | 6,19E+02 | 0,1697244 | 88% |
| 17 | 0,008 | 7,58764 | 75,8764 | 6,09E+02 | 0,060701 | 95% | 48 | 0,0235 | 7,4522239 | 74,52224 | 8,57E+02 | 0,1751273 | 65% |
| 18 | 0,0085 | 7,417694 | 74,17694 | 8,38E+02 | 0,06305 | 66% | 49 | 0,024 | 8,4241 | 84,241 | 9,88E+02 | 0,2021784 | 72% |
| 19 | 0,009 | 8,383675 | 83,83675 | 9,80E+02 | 0,075453 | 72% | 50 | 0,0245 | 9,2012552 | 92,01255 | 8,17E+02 | 0,2254308 | 104% |
| 20 | 0,0095 | 9,187245 | 91,87245 | 8,25E+02 | 0,087279 | 102% | 51 | 0,025 | 8,8414852 | 88,41485 | 5,65E+02 | 0,2210371 | 138% |
| 21 | 0,01 | 8,906699 | 89,06699 | 5,65E+02 | 0,089067 | 140% | 52 | 0,0255 | 7,3709354 | 73,70935 | 6,21E+02 | 0,1879589 | 88% |
| 22 | 0,0105 | 7,460078 | 74,60078 | 5,97E+02 | 0,078331 | 93% | 53 | 0,026 | 7,4588846 | 74,58885 | 8,57E+02 | 0,193931 | 65% |
| 23 | 0,011 | 7,287786 | 72,87786 | 8,20E+02 | 0,080166 | 65% | 54 | 0,0265 | 8,4288037 | 84,28804 | 9,93E+02 | 0,2233633 | 72% |
| 24 | 0,0115 | 8,266663 | 82,66663 | 9,72E+02 | 0,095067 | 70% | 55 | 0,027 | 9,2005215 | 92,00522 | 8,12E+02 | 0,2484141 | 104% |
| 25 | 0,012 | 9,081143 | 90,81143 | 8,05E+02 | 0,108974 | 102% | 56 | 0,0275 | 8,8315939 | 88,31594 | 5,65E+02 | 0,2428688 | 138% |
| 26 | 0,0125 | 8,809768 | 88,09768 | 5,64E+02 | 0,110122 | 138% | 57 | 0,028 | 7,3573943 | 73,57394 | 6,24E+02 | 0,206007 | 87% |
| 27 | 0,013 | 7,379763 | 73,79763 | 5,99E+02 | 0,095937 | 91% | 58 | 0,0285 | 7,4682442 | 74,68244 | 8,59E+02 | 0,212845 | 65% |
| 28 | 0,0135 | 7,296685 | 72,96685 | 8,29E+02 | 0,098505 | 64% | 59 | 0,029 | 8,4416609 | 84,41661 | 9,86E+02 | 0,2448082 | 72% |
| 29 | 0,014 | 8,279778 | 82,79778 | 9,68E+02 | 0,115917 | 71% | 60 | 0,0295 | 9,2062019 | 92,06202 | 8,10E+02 | 0,271583 | 105% |
| 30 | 0,0145 | 9,089096 | 90,89096 | 8,12E+02 | 0,131792 | 102% | 61 | 0,03 | 8,9394934 | 89,39493 | 5,87E+02 | 0,2681848 | 136% |
| 31 | 0,015 | 8,80143 | 88,0143 | 5,62E+02 | 0,132021 | 138% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 6,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 3.50E+00 | 0 | 0% | 32 | 0.0155 | 8.9384163 | 89.38416 | 6.47E+02 | 0.1385455 | 123% | |
| 2 | 0.0005 | 1.174549 | 11.74549 | 3.81E+02 | 0.000587 | 4% | 33 | 0.016 | 7.514479 | 75.14479 | 9.52E+02 | 0.1202317 | 59% |
| 3 | 0.001 | 2.534863 | 25.34863 | 5.99E+02 | 0.002535 | 11% | 34 | 0.0165 | 8.6084512 | 86.08451 | 1.23E+03 | 0.1420394 | 60% |
| 4 | 0.0015 | 4.211042 | 42.11042 | 8.55E+02 | 0.006317 | 21% | 35 | 0.017 | 9.8863597 | 98.8636 | 1.11E+03 | 0.1680681 | 88% |
| 5 | 0.002 | 5.836515 | 58.36515 | 8.21E+02 | 0.011673 | 41% | 36 | 0.0175 | 10.085708 | 100.8571 | 7.21E+02 | 0.1764999 | 141% |
| 6 | 0.0025 | 6.896658 | 68.96658 | 8.41E+02 | 0.017242 | 57% | 37 | 0.018 | 8.924753 | 89.24753 | 6.54E+02 | 0.1606456 | 122% |
| 7 | 0.003 | 7.465409 | 74.65409 | 1.01E+03 | 0.022396 | 55% | 38 | 0.0185 | 7.5070522 | 75.07052 | 9.52E+02 | 0.1388805 | 59% |
| 8 | 0.0035 | 8.377753 | 83.77753 | 1.30E+03 | 0.029322 | 54% | 39 | 0.019 | 8.6196587 | 86.19659 | 1.23E+03 | 0.1637735 | 60% |
| 9 | 0.004 | 9.686713 | 96.86713 | 1.60E+03 | 0.038747 | 59% | 40 | 0.0195 | 9.8943334 | 98.94333 | 1.10E+03 | 0.1929395 | 89% |
| 10 | 0.0045 | 10.95414 | 109.5414 | 1.44E+03 | 0.049294 | 83% | 41 | 0.02 | 10.089902 | 100.899 | 7.22E+02 | 0.201798 | 141% |
| 11 | 0.005 | 11.10949 | 111.0949 | 9.80E+02 | 0.055547 | 126% | 42 | 0.0205 | 8.9246899 | 89.24689 | 6.48E+02 | 0.1829561 | 123% |
| 12 | 0.0055 | 9.908775 | 99.08775 | 8.86E+02 | 0.054498 | 111% | 43 | 0.021 | 7.5037893 | 75.03789 | 9.53E+02 | 0.1575796 | 59% |
| 13 | 0.006 | 8.755555 | 87.55555 | 1.20E+03 | 0.052533 | 64% | 44 | 0.0215 | 8.6052455 | 86.05245 | 1.23E+03 | 0.1850128 | 60% |
| 14 | 0.0065 | 9.959566 | 99.59566 | 1.49E+03 | 0.064737 | 67% | 45 | 0.022 | 9.8833397 | 98.8334 | 1.11E+03 | 0.2174335 | 88% |
| 15 | 0.007 | 11.1576 | 111.576 | 1.31E+03 | 0.078103 | 95% | 46 | 0.0225 | 10.08305 | 100.8305 | 7.20E+02 | 0.2268686 | 141% |
| 16 | 0.0075 | 11.20412 | 112.0412 | 8.02E+02 | 0.084031 | 157% | 47 | 0.023 | 8.9225365 | 89.22536 | 6.54E+02 | 0.2052183 | 122% |
| 17 | 0.008 | 9.861044 | 98.61044 | 6.64E+02 | 0.078888 | 147% | 48 | 0.0235 | 7.5052618 | 75.05262 | 9.52E+02 | 0.1763737 | 59% |
| 18 | 0.0085 | 8.266937 | 82.66937 | 9.51E+02 | 0.070269 | 72% | 49 | 0.024 | 8.6190624 | 86.19062 | 1.23E+03 | 0.2068575 | 60% |
| 19 | 0.009 | 9.039929 | 90.39929 | 1.30E+03 | 0.081359 | 63% | 50 | 0.0245 | 9.8938143 | 98.93814 | 1.10E+03 | 0.2423985 | 89% |
| 20 | 0.0095 | 10.28819 | 102.8819 | 1.16E+03 | 0.097738 | 91% | 51 | 0.025 | 10.089516 | 100.8952 | 7.22E+02 | 0.2522379 | 141% |
| 21 | 0.01 | 10.4334 | 104.334 | 7.38E+02 | 0.104334 | 147% | 52 | 0.0255 | 8.9244709 | 89.24471 | 6.48E+02 | 0.227574 | 123% |
| 22 | 0.0105 | 9.206805 | 92.06805 | 6.41E+02 | 0.096671 | 132% | 53 | 0.026 | 7.5037163 | 75.03716 | 9.53E+02 | 0.1950966 | 59% |
| 23 | 0.011 | 7.727224 | 77.27224 | 9.40E+02 | 0.084999 | 64% | 54 | 0.0265 | 8.6058257 | 86.05826 | 1.23E+03 | 0.2280544 | 60% |
| 24 | 0.0115 | 8.695796 | 86.95796 | 1.25E+03 | 0.100002 | 61% | 55 | 0.027 | 9.8838811 | 98.83881 | 1.11E+03 | 0.2668648 | 88% |
| 25 | 0.012 | 9.968426 | 99.68426 | 1.12E+03 | 0.119621 | 89% | 56 | 0.0275 | 10.083518 | 100.8352 | 7.20E+02 | 0.2772967 | 141% |
| 26 | 0.0125 | 10.1576 | 101.576 | 7.25E+02 | 0.12697 | 142% | 57 | 0.028 | 8.9229138 | 89.22914 | 6.54E+02 | 0.2498416 | 122% |
| 27 | 0.013 | 8.984206 | 89.84206 | 6.53E+02 | 0.116795 | 124% | 58 | 0.0285 | 7.5055541 | 75.05554 | 9.52E+02 | 0.2139083 | 59% |
| 28 | 0.0135 | 7.554573 | 75.54573 | 9.50E+02 | 0.101987 | 60% | 59 | 0.029 | 8.619053 | 86.19053 | 1.23E+03 | 0.2499525 | 60% |
| 29 | 0.014 | 8.640571 | 86.40571 | 1.23E+03 | 0.120968 | 61% | 60 | 0.0295 | 9.8937953 | 98.93795 | 1.10E+03 | 0.291867 | 89% |
| 30 | 0.0145 | 9.91387 | 99.1387 | 1.11E+03 | 0.143751 | 89% | 61 | 0.03 | 10.089482 | 100.8948 | 7.22E+02 | 0.3026845 | 141% |
| 31 | 0.015 | 10.10683 | 101.0683 | 7.22E+02 | 0.151603 | 141% | | | | | | | |

3. Variasi Kecepatan 3000 RPM

Tabel data PMSG tanpa *flux barrier*

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5.19E-01 | 0 | 0% | 32 | 0.0155 | 3.6933169 | 36,93317 | 1,62E+02 | 0.0572464 | 84% |
| 2 | 0.0005 | 1.254916 | 12.54916 | 1.02E+02 | 0.000627 | 15% | 33 | 0.016 | 3.6709122 | 36,70912 | 1,88E+02 | 0.0587346 | 72% |
| 3 | 0.001 | 2.502303 | 25.02303 | 1.62E+02 | 0.002502 | 39% | 34 | 0.0165 | 3.864441 | 38,64441 | 2,21E+02 | 0.0637633 | 68% |
| 4 | 0.0015 | 3.610744 | 36.10744 | 2.14E+02 | 0.005416 | 61% | 35 | 0.017 | 4.2702093 | 42,70209 | 1,72E+02 | 0.0725936 | 106% |
| 5 | 0.002 | 4.250589 | 42.50589 | 1.71E+02 | 0.008501 | 106% | 36 | 0.0175 | 4.0878661 | 40,87866 | 1,35E+02 | 0.0715377 | 123% |
| 6 | 0.0025 | 4.067677 | 40.67677 | 1.35E+02 | 0.010169 | 123% | 37 | 0.018 | 3.6956172 | 36,95617 | 1,63E+02 | 0.0665211 | 84% |
| 7 | 0.003 | 3.681265 | 36.81265 | 1.63E+02 | 0.011044 | 83% | 38 | 0.0185 | 3.6740126 | 36,74013 | 1,88E+02 | 0.0679692 | 72% |
| 8 | 0.0035 | 3.66623 | 36.6623 | 1.88E+02 | 0.012832 | 72% | 39 | 0.019 | 3.8666513 | 38,66651 | 2,21E+02 | 0.0734664 | 68% |
| 9 | 0.004 | 3.862373 | 38.62373 | 2.20E+02 | 0.015449 | 68% | 40 | 0.0195 | 4.2700243 | 42,70024 | 1,72E+02 | 0.0832655 | 106% |
| 10 | 0.0045 | 4.266448 | 42.66448 | 1.71E+02 | 0.019199 | 106% | 41 | 0.02 | 4.0870777 | 40,87078 | 1,36E+02 | 0.0817416 | 123% |
| 11 | 0.005 | 4.084721 | 40.84721 | 1.36E+02 | 0.020424 | 122% | 42 | 0.0205 | 3.6933169 | 36,93317 | 1,62E+02 | 0.075713 | 84% |
| 12 | 0.0055 | 3.691849 | 36.91849 | 1.62E+02 | 0.020305 | 84% | 43 | 0.021 | 3.6709122 | 36,70912 | 1,88E+02 | 0.0770892 | 71% |
| 13 | 0.006 | 3.670064 | 36.70064 | 1.88E+02 | 0.02202 | 71% | 44 | 0.0215 | 3.8644409 | 38,64441 | 2,21E+02 | 0.0830855 | 68% |
| 14 | 0.0065 | 3.863961 | 38.63961 | 2.21E+02 | 0.025116 | 68% | 45 | 0.022 | 4.27021 | 42,7021 | 1,72E+02 | 0.0939446 | 106% |
| 15 | 0.007 | 4.270296 | 42.70296 | 1.72E+02 | 0.029892 | 106% | 46 | 0.0225 | 4.0878664 | 40,87866 | 1,35E+02 | 0.091977 | 123% |
| 16 | 0.0075 | 4.087934 | 40.87934 | 1.35E+02 | 0.03066 | 123% | 47 | 0.023 | 3.6956172 | 36,95617 | 1,63E+02 | 0.0849992 | 84% |
| 17 | 0.008 | 3.695662 | 36.95662 | 1.63E+02 | 0.029565 | 84% | 48 | 0.0235 | 3.6740127 | 36,74013 | 1,88E+02 | 0.0863393 | 72% |
| 18 | 0.0085 | 3.674038 | 36.74038 | 1.88E+02 | 0.031229 | 72% | 49 | 0.024 | 3.8666513 | 38,66651 | 2,21E+02 | 0.0927996 | 68% |
| 19 | 0.009 | 3.866665 | 38.66665 | 2.21E+02 | 0.0348 | 68% | 50 | 0.0245 | 4.2700246 | 42,70025 | 1,72E+02 | 0.1046156 | 106% |
| 20 | 0.0095 | 4.270029 | 42.70029 | 1.72E+02 | 0.040565 | 106% | 51 | 0.025 | 4.0870775 | 40,87078 | 1,36E+02 | 0.1021769 | 123% |
| 21 | 0.01 | 4.087081 | 40.87081 | 1.36E+02 | 0.040871 | 123% | 52 | 0.0255 | 3.693317 | 36,93317 | 1,62E+02 | 0.0941796 | 84% |
| 22 | 0.0105 | 3.693319 | 36.93319 | 1.62E+02 | 0.03878 | 84% | 53 | 0.026 | 3.6709124 | 36,70912 | 1,89E+02 | 0.0954437 | 71% |
| 23 | 0.011 | 3.670913 | 36.70913 | 1.89E+02 | 0.04038 | 71% | 54 | 0.0265 | 3.8644415 | 38,64442 | 2,21E+02 | 0.1024077 | 68% |
| 24 | 0.0115 | 3.864442 | 38.64442 | 2.21E+02 | 0.044441 | 68% | 55 | 0.027 | 4.2702097 | 42,7021 | 1,72E+02 | 0.1152957 | 106% |
| 25 | 0.012 | 4.27021 | 42.7021 | 1.72E+02 | 0.051243 | 106% | 56 | 0.0275 | 4.0878663 | 40,87866 | 1,35E+02 | 0.1124163 | 123% |
| 26 | 0.0125 | 4.087866 | 40.87866 | 1.35E+02 | 0.051098 | 123% | 57 | 0.028 | 3.6956173 | 36,95617 | 1,63E+02 | 0.1034773 | 84% |
| 27 | 0.013 | 3.695617 | 36.95617 | 1.63E+02 | 0.048043 | 84% | 58 | 0.0285 | 3.6740127 | 36,74013 | 1,88E+02 | 0.1047094 | 72% |
| 28 | 0.0135 | 3.674013 | 36.74013 | 1.88E+02 | 0.049599 | 72% | 59 | 0.029 | 3.8666514 | 38,66651 | 2,21E+02 | 0.1121329 | 68% |
| 29 | 0.014 | 3.866651 | 38.66651 | 2.21E+02 | 0.054133 | 68% | 60 | 0.0295 | 4.2700243 | 42,70024 | 1,72E+02 | 0.1259657 | 106% |
| 30 | 0.0145 | 4.270025 | 42.70025 | 1.72E+02 | 0.061915 | 106% | 61 | 0.03 | 4.0870777 | 40,87078 | 1,36E+02 | 0.1226123 | 123% |
| 31 | 0.015 | 4.087078 | 40.87078 | 1.36E+02 | 0.061306 | 123% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan flux barrier 1,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1,04E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 7,0233305 | 70,23331 | 5,69E+02 | 0,1088616 | 87% |
| 2 | 0,0005 | 1,461428 | 14,61428 | 2,19E+02 | 0,000731 | 10% | 33 | 0,016 | 7,3273777 | 73,27378 | 6,88E+02 | 0,117238 | 78% |
| 3 | 0,001 | 3,019028 | 30,19028 | 3,85E+02 | 0,003019 | 24% | 34 | 0,0165 | 7,9194163 | 79,19416 | 8,17E+02 | 0,1306704 | 77% |
| 4 | 0,0015 | 4,6798 | 46,798 | 5,68E+02 | 0,00702 | 39% | 35 | 0,017 | 8,1926821 | 81,92682 | 6,62E+02 | 0,1392756 | 101% |
| 5 | 0,002 | 6,025217 | 60,25217 | 5,36E+02 | 0,01205 | 68% | 36 | 0,0175 | 7,2618659 | 72,61866 | 4,67E+02 | 0,1270827 | 113% |
| 6 | 0,0025 | 6,502516 | 65,02516 | 4,54E+02 | 0,016256 | 93% | 37 | 0,018 | 7,0264831 | 70,26483 | 5,70E+02 | 0,1264767 | 87% |
| 7 | 0,003 | 6,642902 | 66,42902 | 5,28E+02 | 0,019929 | 84% | 38 | 0,0185 | 7,330949 | 73,30949 | 6,89E+02 | 0,1356226 | 78% |
| 8 | 0,0035 | 7,053434 | 70,53434 | 6,44E+02 | 0,024687 | 77% | 39 | 0,019 | 7,922705 | 79,22705 | 8,15E+02 | 0,1505314 | 77% |
| 9 | 0,004 | 7,709348 | 77,09348 | 7,74E+02 | 0,030837 | 77% | 40 | 0,0195 | 8,1940774 | 81,94077 | 6,62E+02 | 0,1597845 | 101% |
| 10 | 0,0045 | 8,028202 | 80,28202 | 6,33E+02 | 0,036127 | 102% | 41 | 0,02 | 7,2620807 | 72,62081 | 4,69E+02 | 0,1452416 | 112% |
| 11 | 0,005 | 7,131186 | 71,31186 | 4,46E+02 | 0,035656 | 114% | 42 | 0,0205 | 7,0245956 | 70,24596 | 5,69E+02 | 0,1440042 | 87% |
| 12 | 0,0055 | 6,782569 | 67,82569 | 5,50E+02 | 0,037304 | 84% | 43 | 0,021 | 7,3284711 | 73,28471 | 6,89E+02 | 0,1538979 | 78% |
| 13 | 0,006 | 7,139812 | 71,39812 | 6,71E+02 | 0,042839 | 76% | 44 | 0,0215 | 7,9203037 | 79,20304 | 8,17E+02 | 0,1702865 | 77% |
| 14 | 0,0065 | 7,771802 | 77,71802 | 8,02E+02 | 0,050517 | 75% | 45 | 0,022 | 8,1933109 | 81,93311 | 6,62E+02 | 0,1802528 | 101% |
| 15 | 0,007 | 8,082425 | 80,82425 | 6,54E+02 | 0,056577 | 100% | 46 | 0,0225 | 7,2622254 | 72,62225 | 4,67E+02 | 0,1634001 | 113% |
| 16 | 0,0075 | 7,184815 | 71,84815 | 4,65E+02 | 0,053886 | 111% | 47 | 0,023 | 7,0260699 | 70,2607 | 5,70E+02 | 0,1615996 | 87% |
| 17 | 0,008 | 6,988577 | 69,88577 | 5,67E+02 | 0,055909 | 86% | 48 | 0,0235 | 7,3305674 | 73,30567 | 6,89E+02 | 0,1722683 | 78% |
| 18 | 0,0085 | 7,30272 | 73,0272 | 6,85E+02 | 0,062073 | 78% | 49 | 0,024 | 7,922239 | 79,2239 | 8,15E+02 | 0,1901374 | 77% |
| 19 | 0,009 | 7,900807 | 79,00807 | 8,12E+02 | 0,071107 | 77% | 50 | 0,0245 | 8,1938606 | 81,93861 | 6,62E+02 | 0,2007496 | 101% |
| 20 | 0,0095 | 8,177321 | 81,77321 | 6,60E+02 | 0,077685 | 101% | 51 | 0,025 | 7,2619725 | 72,61973 | 4,69E+02 | 0,1815493 | 112% |
| 21 | 0,01 | 7,249438 | 72,49438 | 4,67E+02 | 0,072494 | 112% | 52 | 0,0255 | 7,0248692 | 70,24869 | 5,69E+02 | 0,1791342 | 87% |
| 22 | 0,0105 | 7,011326 | 70,11326 | 5,68E+02 | 0,073619 | 87% | 53 | 0,026 | 7,3287125 | 73,28713 | 6,89E+02 | 0,1905465 | 78% |
| 23 | 0,011 | 7,317705 | 73,17705 | 6,88E+02 | 0,080495 | 78% | 54 | 0,0265 | 7,920491 | 79,20491 | 8,17E+02 | 0,209893 | 77% |
| 24 | 0,0115 | 7,911726 | 79,11726 | 8,16E+02 | 0,090985 | 77% | 55 | 0,027 | 8,1934518 | 81,93452 | 6,62E+02 | 0,2212232 | 101% |
| 25 | 0,012 | 8,187041 | 81,87041 | 6,62E+02 | 0,098244 | 101% | 56 | 0,0275 | 7,262301 | 72,62301 | 4,67E+02 | 0,1997133 | 113% |
| 26 | 0,0125 | 7,258156 | 72,58156 | 4,67E+02 | 0,090727 | 113% | 57 | 0,028 | 7,0259351 | 70,25935 | 5,70E+02 | 0,1967262 | 87% |
| 27 | 0,013 | 7,026412 | 70,26412 | 5,70E+02 | 0,091343 | 87% | 58 | 0,0285 | 7,3304455 | 73,30446 | 6,89E+02 | 0,2089177 | 78% |
| 28 | 0,0135 | 7,331116 | 73,31116 | 6,89E+02 | 0,09897 | 78% | 59 | 0,029 | 7,9222899 | 79,2229 | 8,15E+02 | 0,2297464 | 77% |
| 29 | 0,014 | 7,922891 | 79,22891 | 8,15E+02 | 0,11092 | 77% | 60 | 0,0295 | 8,1937904 | 81,9379 | 6,62E+02 | 0,2417168 | 101% |
| 30 | 0,0145 | 8,194148 | 81,94148 | 6,62E+02 | 0,118815 | 101% | 61 | 0,03 | 7,2619361 | 72,61936 | 4,69E+02 | 0,2178581 | 112% |
| 31 | 0,015 | 7,26197 | 72,6197 | 4,69E+02 | 0,10893 | 113% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan flux barrier 3,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1,56E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 8,6514979 | 86,51498 | 8,57E+02 | 0,1340982 | 87% |
| 2 | 0,0005 | 1,544565 | 15,44565 | 3,38E+02 | 0,000772 | 7% | 33 | 0,016 | 9,1019781 | 91,01978 | 1,20E+03 | 0,1456317 | 69% |
| 3 | 0,001 | 3,232252 | 32,32252 | 6,11E+02 | 0,003232 | 17% | 34 | 0,0165 | 10,364148 | 103,6415 | 1,51E+03 | 0,1710084 | 71% |
| 4 | 0,0015 | 5,153698 | 51,53698 | 9,45E+02 | 0,007731 | 28% | 35 | 0,017 | 11,140447 | 111,4045 | 1,23E+03 | 0,1893876 | 101% |
| 5 | 0,002 | 6,868606 | 68,68606 | 9,36E+02 | 0,013737 | 50% | 36 | 0,0175 | 10,464706 | 104,6471 | 7,78E+02 | 0,1831324 | 141% |
| 6 | 0,0025 | 7,75497 | 77,5497 | 8,33E+02 | 0,019387 | 72% | 37 | 0,018 | 8,6222095 | 86,2221 | 8,57E+02 | 0,1551998 | 87% |
| 7 | 0,003 | 8,34187 | 83,4187 | 9,83E+02 | 0,025026 | 71% | 38 | 0,0185 | 9,0927385 | 90,92739 | 1,20E+03 | 0,1682157 | 69% |
| 8 | 0,0035 | 9,243303 | 92,43303 | 1,26E+03 | 0,032352 | 68% | 39 | 0,019 | 10,35729 | 103,5729 | 1,50E+03 | 0,1967885 | 72% |
| 9 | 0,004 | 10,46978 | 104,6978 | 1,57E+03 | 0,041879 | 70% | 40 | 0,0195 | 11,126284 | 111,2628 | 1,22E+03 | 0,2169625 | 101% |
| 10 | 0,0045 | 11,28409 | 112,8409 | 1,33E+03 | 0,050778 | 96% | 41 | 0,02 | 10,436822 | 104,3682 | 7,74E+02 | 0,2087364 | 141% |
| 11 | 0,005 | 10,6801 | 106,801 | 8,48E+02 | 0,0534 | 134% | 42 | 0,0205 | 8,5891269 | 85,89127 | 8,57E+02 | 0,1760771 | 86% |
| 12 | 0,0055 | 8,877611 | 88,77611 | 9,18E+02 | 0,048827 | 86% | 43 | 0,021 | 9,0819384 | 90,81938 | 1,20E+03 | 0,1907207 | 69% |
| 13 | 0,006 | 9,393452 | 93,93452 | 1,23E+03 | 0,056361 | 72% | 44 | 0,0215 | 10,351123 | 103,5112 | 1,50E+03 | 0,2225491 | 71% |
| 14 | 0,0065 | 10,61324 | 106,1324 | 1,55E+03 | 0,068986 | 73% | 45 | 0,022 | 11,110111 | 111,1011 | 1,21E+03 | 0,2444225 | 102% |
| 15 | 0,007 | 11,38383 | 113,8383 | 1,27E+03 | 0,079687 | 102% | 46 | 0,0225 | 10,408958 | 104,0896 | 7,69E+02 | 0,2342016 | 141% |
| 16 | 0,0075 | 10,71617 | 107,1617 | 7,89E+02 | 0,080371 | 146% | 47 | 0,023 | 8,5586902 | 85,5869 | 8,59E+02 | 0,1968499 | 85% |
| 17 | 0,008 | 8,847752 | 88,47752 | 8,33E+02 | 0,070782 | 94% | 48 | 0,0235 | 9,0755294 | 90,75529 | 1,20E+03 | 0,2132749 | 69% |
| 18 | 0,0085 | 9,118058 | 91,18058 | 1,21E+03 | 0,077503 | 69% | 49 | 0,024 | 10,346179 | 103,4618 | 1,49E+03 | 0,2483083 | 72% |
| 19 | 0,009 | 10,36989 | 103,6989 | 1,51E+03 | 0,093329 | 71% | 50 | 0,0245 | 11,097647 | 110,9765 | 1,21E+03 | 0,2718924 | 102% |
| 20 | 0,0095 | 11,17506 | 111,7506 | 1,26E+03 | 0,106163 | 99% | 51 | 0,025 | 10,382155 | 103,8215 | 7,66E+02 | 0,2595539 | 141% |
| 21 | 0,01 | 10,54169 | 105,4169 | 7,95E+02 | 0,105417 | 140% | 52 | 0,0255 | 8,5264938 | 85,26494 | 8,59E+02 | 0,2174256 | 85% |
| 22 | 0,0105 | 8,716467 | 87,16467 | 8,62E+02 | 0,091523 | 88% | 53 | 0,026 | 9,0639385 | 90,63938 | 1,20E+03 | 0,2356624 | 68% |
| 23 | 0,011 | 9,141882 | 91,41882 | 1,21E+03 | 0,100561 | 69% | 54 | 0,0265 | 10,339558 | 103,3956 | 1,49E+03 | 0,2739983 | 72% |
| 24 | 0,0115 | 10,39457 | 103,9457 | 1,52E+03 | 0,119538 | 71% | 55 | 0,027 | 11,080543 | 110,8054 | 1,19E+03 | 0,2991747 | 103% |
| 25 | 0,012 | 11,18463 | 111,8463 | 1,25E+03 | 0,134216 | 100% | 56 | 0,0275 | 10,353733 | 103,5373 | 7,61E+02 | 0,2847276 | 141% |
| 26 | 0,0125 | 10,5309 | 105,309 | 7,85E+02 | 0,131636 | 141% | 57 | 0,028 | 8,495923 | 84,95923 | 8,62E+02 | 0,2378858 | 84% |
| 27 | 0,013 | 8,693194 | 86,93194 | 8,53E+02 | 0,113012 | 89% | 58 | 0,0285 | 9,0580559 | 90,58056 | 1,20E+03 | 0,2581546 | 68% |
| 28 | 0,0135 | 9,108044 | 91,08044 | 1,21E+03 | 0,122959 | 69% | 59 | 0,029 | 10,334516 | 103,3452 | 1,49E+03 | 0,299701 | 72% |
| 29 | 0,014 | 10,36636 | 103,6636 | 1,50E+03 | 0,145129 | 71% | 60 | 0,0295 | 11,068106 | 110,6811 | 1,19E+03 | 0,3265091 | 103% |
| 30 | 0,0145 | 11,15284 | 111,5284 | 1,24E+03 | 0,161716 | 100% | 61 | 0,03 | 10,492207 | 104,9221 | 7,84E+02 | 0,3147662 | 140% |
| 31 | 0,015 | 10,49002 | 104,9002 | 7,82E+02 | 0,15735 | 141% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan flux barrier 6,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 2.08E+00 | 0 | 0% | 32 | 0.0155 | 10.715223 | 107.1522 | 9.06E+02 | 0.166086 | 127% |
| 2 | 0.0005 | 1.583894 | 15.83894 | 4.56E+02 | 0.000792 | 6% | 33 | 0.016 | 9.3006122 | 93.00612 | 1.44E+03 | 0.1488098 | 60% |
| 3 | 0.001 | 3.349646 | 33.49646 | 8.48E+02 | 0.00335 | 13% | 34 | 0.0165 | 11.000144 | 110.0014 | 1.99E+03 | 0.1815024 | 61% |
| 4 | 0.0015 | 5.428345 | 54.28345 | 1.33E+03 | 0.008143 | 22% | 35 | 0.017 | 12.410203 | 124.102 | 1.77E+03 | 0.2109734 | 87% |
| 5 | 0.002 | 7.434084 | 74.34084 | 1.38E+03 | 0.014868 | 40% | 36 | 0.0175 | 12.312626 | 123.1263 | 1.02E+03 | 0.215471 | 148% |
| 6 | 0.0025 | 8.490303 | 84.90303 | 1.23E+03 | 0.021226 | 58% | 37 | 0.018 | 10.792422 | 107.9242 | 9.14E+02 | 0.1942636 | 127% |
| 7 | 0.003 | 9.383018 | 93.83018 | 1.49E+03 | 0.028149 | 59% | 38 | 0.0185 | 9.3542845 | 93.54285 | 1.45E+03 | 0.1730543 | 60% |
| 8 | 0.0035 | 10.66136 | 106.6136 | 1.96E+03 | 0.037315 | 58% | 39 | 0.019 | 11.045784 | 110.4578 | 1.99E+03 | 0.2098699 | 61% |
| 9 | 0.004 | 12.36356 | 123.6356 | 2.52E+03 | 0.049454 | 61% | 40 | 0.0195 | 12.44984 | 124.4984 | 1.77E+03 | 0.2427719 | 88% |
| 10 | 0.0045 | 13.65303 | 136.5303 | 2.19E+03 | 0.061439 | 85% | 41 | 0.02 | 12.345847 | 123.4585 | 1.03E+03 | 0.2469169 | 148% |
| 11 | 0.005 | 13.46483 | 134.6483 | 1.37E+03 | 0.067324 | 133% | 42 | 0.0205 | 10.817608 | 108.1761 | 9.06E+02 | 0.221761 | 129% |
| 12 | 0.0055 | 11.88992 | 118.8992 | 1.27E+03 | 0.065395 | 111% | 43 | 0.021 | 9.3544843 | 93.54484 | 1.45E+03 | 0.1964442 | 60% |
| 13 | 0.006 | 10.93347 | 109.3347 | 1.82E+03 | 0.065601 | 66% | 44 | 0.0215 | 11.037021 | 110.3702 | 2.00E+03 | 0.2372959 | 61% |
| 14 | 0.0065 | 12.64167 | 126.4167 | 2.37E+03 | 0.082171 | 67% | 45 | 0.022 | 12.442536 | 124.4254 | 1.77E+03 | 0.2737358 | 88% |
| 15 | 0.007 | 13.87149 | 138.7149 | 2.02E+03 | 0.0971 | 95% | 46 | 0.0225 | 12.338794 | 123.3879 | 1.02E+03 | 0.2776229 | 149% |
| 16 | 0.0075 | 13.5698 | 135.698 | 1.13E+03 | 0.101774 | 163% | 47 | 0.023 | 10.811585 | 108.1158 | 9.07E+02 | 0.2486665 | 129% |
| 17 | 0.008 | 11.84506 | 118.4506 | 9.26E+02 | 0.09476 | 152% | 48 | 0.0235 | 9.3457661 | 93.45766 | 1.45E+03 | 0.2196255 | 60% |
| 18 | 0.0085 | 9.923741 | 99.23741 | 1.50E+03 | 0.084352 | 66% | 49 | 0.024 | 11.028872 | 110.2887 | 1.99E+03 | 0.2646929 | 61% |
| 19 | 0.009 | 11.44511 | 114.4511 | 2.04E+03 | 0.103006 | 64% | 50 | 0.0245 | 12.43449 | 124.3449 | 1.76E+03 | 0.304645 | 88% |
| 20 | 0.0095 | 12.79985 | 127.9985 | 1.78E+03 | 0.121599 | 92% | 51 | 0.025 | 12.331983 | 123.3198 | 1.03E+03 | 0.3082996 | 148% |
| 21 | 0.01 | 12.6303 | 126.303 | 9.99E+02 | 0.126303 | 160% | 52 | 0.0255 | 10.804968 | 108.0497 | 9.03E+02 | 0.2755267 | 129% |
| 22 | 0.0105 | 11.0282 | 110.282 | 8.35E+02 | 0.115796 | 146% | 53 | 0.026 | 9.3405943 | 93.40594 | 1.45E+03 | 0.2428555 | 60% |
| 23 | 0.011 | 9.277342 | 92.77342 | 1.39E+03 | 0.102051 | 62% | 54 | 0.0265 | 11.023202 | 110.232 | 1.99E+03 | 0.2921149 | 61% |
| 24 | 0.0115 | 10.87256 | 108.7256 | 1.94E+03 | 0.125034 | 61% | 55 | 0.027 | 12.430216 | 124.3022 | 1.76E+03 | 0.3356158 | 88% |
| 25 | 0.012 | 12.29284 | 122.9284 | 1.72E+03 | 0.147514 | 88% | 56 | 0.0275 | 12.328265 | 123.2827 | 1.02E+03 | 0.3390273 | 149% |
| 26 | 0.0125 | 12.20315 | 122.0315 | 9.91E+02 | 0.152539 | 150% | 57 | 0.028 | 10.802907 | 108.0291 | 9.08E+02 | 0.3024814 | 129% |
| 27 | 0.013 | 10.68716 | 106.8716 | 8.78E+02 | 0.138933 | 130% | 58 | 0.0285 | 9.3420334 | 93.42033 | 1.45E+03 | 0.266248 | 60% |
| 28 | 0.0135 | 9.204207 | 92.04207 | 1.42E+03 | 0.124257 | 60% | 59 | 0.029 | 11.026812 | 110.2681 | 1.99E+03 | 0.3197776 | 61% |
| 29 | 0.014 | 10.88659 | 108.8659 | 1.96E+03 | 0.152412 | 61% | 60 | 0.0295 | 12.432708 | 124.3271 | 1.76E+03 | 0.3667649 | 88% |
| 30 | 0.0145 | 12.30758 | 123.0758 | 1.74E+03 | 0.17846 | 87% | 61 | 0.03 | 12.330606 | 123.3061 | 1.03E+03 | 0.3699182 | 148% |
| 31 | 0.015 | 12.22335 | 122.2335 | 1.02E+03 | 0.18335 | 147% | | | | | | | |

4. Variasi Kecepatan 4000 RPM

Tabel data PMSG tanpa *flux barrier*

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 1,34E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 4,3962488 | 43,96249 | 2,22E+02 | 0,0681419 | 87% | |
| 2 | 0,0005 | 1,896278 | 18,96278 | 1,33E+02 | 0,000948 | 27% | 33 | 0,016 | 4,5330489 | 45,33049 | 2,60E+02 | 0,0725288 | 79% |
| 3 | 0,001 | 3,255122 | 32,55122 | 2,36E+02 | 0,003255 | 45% | 34 | 0,0165 | 4,6458913 | 46,45891 | 2,75E+02 | 0,0766572 | 78% |
| 4 | 0,0015 | 4,463892 | 44,63892 | 2,84E+02 | 0,006696 | 70% | 35 | 0,017 | 4,581883 | 45,81883 | 2,08E+02 | 0,077892 | 101% |
| 5 | 0,002 | 4,752869 | 47,52869 | 2,17E+02 | 0,009506 | 104% | 36 | 0,0175 | 4,5131343 | 45,13134 | 2,09E+02 | 0,0789798 | 97% |
| 6 | 0,0025 | 4,60947 | 46,0947 | 2,14E+02 | 0,011524 | 99% | 37 | 0,018 | 4,3979137 | 43,97914 | 2,24E+02 | 0,0791624 | 87% |
| 7 | 0,003 | 4,452269 | 44,52269 | 2,26E+02 | 0,013357 | 88% | 38 | 0,0185 | 4,5338614 | 45,33861 | 2,59E+02 | 0,0838764 | 79% |
| 8 | 0,0035 | 4,563986 | 45,63986 | 2,60E+02 | 0,015974 | 80% | 39 | 0,019 | 4,6457907 | 46,45791 | 2,76E+02 | 0,08827 | 78% |
| 9 | 0,004 | 4,661654 | 46,61654 | 2,76E+02 | 0,018647 | 79% | 40 | 0,0195 | 4,583235 | 45,83235 | 2,07E+02 | 0,0893731 | 102% |
| 10 | 0,0045 | 4,573285 | 45,73285 | 2,06E+02 | 0,02058 | 101% | 41 | 0,02 | 4,5144275 | 45,14427 | 2,10E+02 | 0,0902885 | 97% |
| 11 | 0,005 | 4,507838 | 45,07838 | 2,10E+02 | 0,022539 | 97% | 42 | 0,0205 | 4,3962483 | 43,96248 | 2,22E+02 | 0,0901231 | 87% |
| 12 | 0,0055 | 4,392148 | 43,92148 | 2,22E+02 | 0,024157 | 87% | 43 | 0,021 | 4,5330489 | 45,33049 | 2,60E+02 | 0,095194 | 79% |
| 13 | 0,006 | 4,530821 | 45,30821 | 2,60E+02 | 0,027185 | 79% | 44 | 0,0215 | 4,6458911 | 46,45891 | 2,75E+02 | 0,0998867 | 78% |
| 14 | 0,0065 | 4,644762 | 46,44762 | 2,75E+02 | 0,030191 | 78% | 45 | 0,022 | 4,581883 | 45,81883 | 2,08E+02 | 0,1008014 | 101% |
| 15 | 0,007 | 4,581899 | 45,81899 | 2,08E+02 | 0,032073 | 101% | 46 | 0,0225 | 4,5131341 | 45,13134 | 2,09E+02 | 0,1015455 | 97% |
| 16 | 0,0075 | 4,513163 | 45,13163 | 2,09E+02 | 0,033849 | 97% | 47 | 0,023 | 4,3979134 | 43,97913 | 2,23E+02 | 0,101152 | 87% |
| 17 | 0,008 | 4,397938 | 43,97938 | 2,23E+02 | 0,035184 | 87% | 48 | 0,0235 | 4,5338613 | 45,33861 | 2,59E+02 | 0,1065457 | 79% |
| 18 | 0,0085 | 4,533874 | 45,33874 | 2,59E+02 | 0,038538 | 79% | 49 | 0,024 | 4,6457907 | 46,45791 | 2,76E+02 | 0,111499 | 78% |
| 19 | 0,009 | 4,64579 | 46,4579 | 2,76E+02 | 0,041812 | 78% | 50 | 0,0245 | 4,5832348 | 45,83235 | 2,07E+02 | 0,1122893 | 102% |
| 20 | 0,0095 | 4,583246 | 45,83246 | 2,07E+02 | 0,043541 | 102% | 51 | 0,025 | 4,5144274 | 45,14427 | 2,10E+02 | 0,1128607 | 97% |
| 21 | 0,01 | 4,514435 | 45,14435 | 2,10E+02 | 0,045144 | 97% | 52 | 0,0255 | 4,3962479 | 43,96248 | 2,22E+02 | 0,1121043 | 87% |
| 22 | 0,0105 | 4,396253 | 43,96253 | 2,22E+02 | 0,046161 | 87% | 53 | 0,026 | 4,5330489 | 45,33049 | 2,60E+02 | 0,1178593 | 79% |
| 23 | 0,011 | 4,533051 | 45,33051 | 2,60E+02 | 0,049864 | 79% | 54 | 0,0265 | 4,6458664 | 46,45866 | 2,75E+02 | 0,1231155 | 78% |
| 24 | 0,0115 | 4,645892 | 46,45892 | 2,75E+02 | 0,053428 | 78% | 55 | 0,027 | 4,5818852 | 45,81885 | 2,08E+02 | 0,1237109 | 101% |
| 25 | 0,012 | 4,581883 | 45,81883 | 2,08E+02 | 0,054983 | 101% | 56 | 0,0275 | 4,5131355 | 45,13136 | 2,09E+02 | 0,1241112 | 97% |
| 26 | 0,0125 | 4,513133 | 45,13133 | 2,09E+02 | 0,056414 | 97% | 57 | 0,028 | 4,3979144 | 43,97914 | 2,24E+02 | 0,1231416 | 87% |
| 27 | 0,013 | 4,397913 | 43,97913 | 2,24E+02 | 0,057173 | 87% | 58 | 0,0285 | 4,5338618 | 45,33862 | 2,59E+02 | 0,1292151 | 79% |
| 28 | 0,0135 | 4,533861 | 45,33861 | 2,59E+02 | 0,061207 | 79% | 59 | 0,029 | 4,6457911 | 46,45791 | 2,76E+02 | 0,1347279 | 78% |
| 29 | 0,014 | 4,645791 | 46,45791 | 2,76E+02 | 0,065041 | 78% | 60 | 0,0295 | 4,5832361 | 45,83236 | 2,07E+02 | 0,1352055 | 102% |
| 30 | 0,0145 | 4,583235 | 45,83235 | 2,07E+02 | 0,066457 | 102% | 61 | 0,03 | 4,5144275 | 45,14428 | 2,10E+02 | 0,1354328 | 97% |
| 31 | 0,015 | 4,514428 | 45,14428 | 2,10E+02 | 0,067716 | 97% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 1,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 2,67E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 8,0580992 | 80,58099 | 7,96E+02 | 0,1249005 | 82% | |
| 2 | 0,0005 | 2,221712 | 2,297E+02 | 0,001111 | 17% | 33 | 0,016 | 8,8253361 | 88,25336 | 9,71E+02 | 0,1412054 | 80% | |
| 3 | 0,001 | 4,198153 | 4,198153 | 5,87E+02 | 0,004198 | 30% | 34 | 0,0165 | 9,3977349 | 93,97735 | 9,79E+02 | 0,1550626 | 90% |
| 4 | 0,0015 | 6,008187 | 6,008187 | 7,71E+02 | 0,009012 | 47% | 35 | 0,017 | 8,8381443 | 88,38144 | 7,12E+02 | 0,1502485 | 110% |
| 5 | 0,002 | 7,038005 | 7,038005 | 6,80E+02 | 0,014076 | 73% | 36 | 0,0175 | 7,5704235 | 75,70424 | 7,02E+02 | 0,1324824 | 82% |
| 6 | 0,0025 | 7,561349 | 7,561349 | 7,20E+02 | 0,018903 | 79% | 37 | 0,018 | 8,0652234 | 80,65223 | 8,01E+02 | 0,145174 | 81% |
| 7 | 0,003 | 8,039058 | 8,039058 | 7,91E+02 | 0,024117 | 82% | 38 | 0,0185 | 8,8348761 | 88,34876 | 9,72E+02 | 0,1634452 | 80% |
| 8 | 0,0035 | 8,818849 | 8,818849 | 9,56E+02 | 0,030866 | 81% | 39 | 0,019 | 9,4011484 | 94,01148 | 9,79E+02 | 0,1786218 | 90% |
| 9 | 0,004 | 9,39624 | 9,39624 | 9,65E+02 | 0,037585 | 91% | 40 | 0,0195 | 8,8365468 | 88,36547 | 7,10E+02 | 0,1723127 | 110% |
| 10 | 0,0045 | 8,832613 | 8,832613 | 6,96E+02 | 0,039747 | 112% | 41 | 0,02 | 7,5696064 | 75,69606 | 7,03E+02 | 0,1513921 | 82% |
| 11 | 0,005 | 7,560863 | 7,560863 | 6,85E+02 | 0,037804 | 83% | 42 | 0,0205 | 8,0598484 | 80,59848 | 7,96E+02 | 0,1652269 | 82% |
| 12 | 0,0055 | 7,993852 | 7,993852 | 7,93E+02 | 0,043966 | 81% | 43 | 0,021 | 8,8267944 | 88,26794 | 9,71E+02 | 0,1853627 | 80% |
| 13 | 0,006 | 8,772844 | 8,772844 | 9,71E+02 | 0,052637 | 79% | 44 | 0,0215 | 9,398938 | 93,98938 | 9,79E+02 | 0,2020772 | 90% |
| 14 | 0,0065 | 9,356016 | 9,356016 | 9,81E+02 | 0,060814 | 89% | 45 | 0,022 | 8,8389678 | 88,38968 | 7,12E+02 | 0,1944573 | 110% |
| 15 | 0,007 | 8,809464 | 8,809464 | 7,17E+02 | 0,061666 | 108% | 46 | 0,0225 | 7,570863 | 75,70863 | 7,02E+02 | 0,1703444 | 82% |
| 16 | 0,0075 | 7,597572 | 7,597572 | 7,08E+02 | 0,056982 | 82% | 47 | 0,023 | 8,0642315 | 80,64231 | 8,01E+02 | 0,1854773 | 81% |
| 17 | 0,008 | 8,092982 | 8,092982 | 8,03E+02 | 0,064744 | 82% | 48 | 0,0235 | 8,8340495 | 88,34049 | 9,72E+02 | 0,2076002 | 80% |
| 18 | 0,0085 | 8,857334 | 8,857334 | 9,73E+02 | 0,075287 | 81% | 49 | 0,024 | 9,4004651 | 94,00465 | 9,79E+02 | 0,2256112 | 90% |
| 19 | 0,009 | 9,418621 | 9,418621 | 9,79E+02 | 0,084768 | 91% | 50 | 0,0245 | 8,8360824 | 88,36082 | 7,10E+02 | 0,216484 | 110% |
| 20 | 0,0095 | 8,848593 | 8,848593 | 7,09E+02 | 0,084062 | 111% | 51 | 0,025 | 7,569356 | 75,69356 | 7,03E+02 | 0,1892339 | 82% |
| 21 | 0,01 | 7,576853 | 7,576853 | 7,00E+02 | 0,075769 | 82% | 52 | 0,0255 | 8,0603791 | 80,60379 | 7,96E+02 | 0,2055397 | 82% |
| 22 | 0,0105 | 8,054111 | 8,054111 | 7,96E+02 | 0,084568 | 81% | 53 | 0,026 | 8,8272363 | 88,27236 | 9,71E+02 | 0,2295081 | 80% |
| 23 | 0,011 | 8,821908 | 8,821908 | 9,71E+02 | 0,097041 | 80% | 54 | 0,0265 | 9,3993012 | 93,99301 | 9,79E+02 | 0,2490815 | 90% |
| 24 | 0,0115 | 9,394757 | 9,394757 | 9,80E+02 | 0,10804 | 90% | 55 | 0,027 | 8,8392166 | 88,39217 | 7,12E+02 | 0,2386588 | 110% |
| 25 | 0,012 | 8,836118 | 8,836118 | 7,13E+02 | 0,106033 | 109% | 56 | 0,0275 | 7,5709971 | 75,70997 | 7,01E+02 | 0,2082024 | 82% |
| 26 | 0,0125 | 7,569461 | 7,569461 | 7,03E+02 | 0,094618 | 81% | 57 | 0,028 | 8,063943 | 80,63943 | 8,01E+02 | 0,2257904 | 81% |
| 27 | 0,013 | 8,068939 | 8,068939 | 8,02E+02 | 0,104896 | 81% | 58 | 0,0285 | 8,833809 | 88,33809 | 9,72E+02 | 0,2517636 | 80% |
| 28 | 0,0135 | 8,837955 | 8,837955 | 9,72E+02 | 0,119312 | 80% | 59 | 0,029 | 9,4002737 | 94,00274 | 9,79E+02 | 0,2726079 | 90% |
| 29 | 0,014 | 9,403644 | 9,403644 | 9,79E+02 | 0,131651 | 90% | 60 | 0,0295 | 8,8359464 | 88,35946 | 7,10E+02 | 0,2606604 | 110% |
| 30 | 0,0145 | 8,838261 | 8,838261 | 7,09E+02 | 0,128155 | 110% | 61 | 0,03 | 7,5692828 | 75,69283 | 7,03E+02 | 0,2270785 | 82% |
| 31 | 0,015 | 7,57055 | 7,57055 | 7,02E+02 | 0,113558 | 82% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 3,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 4.01E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 9,7217432 | 1,36E+03 | 0,150687 | 70% | | |
| 2 | 0,0005 | 2,353758 | 23,53758 | 4,63E+02 | 0,001177 | 12% | 33 | 0,016 | 11,099197 | 110,992 | 1,75E+03 | 0,1775872 | 70% |
| 3 | 0,001 | 4,681795 | 46,81795 | 9,52E+02 | 0,004682 | 23% | 34 | 0,0165 | 12,369751 | 123,6975 | 1,77E+03 | 0,2041009 | 87% |
| 4 | 0,0015 | 6,92198 | 69,2198 | 1,30E+03 | 0,010383 | 37% | 35 | 0,017 | 12,270129 | 122,7013 | 1,28E+03 | 0,2085922 | 118% |
| 5 | 0,002 | 8,150253 | 81,50253 | 1,19E+03 | 0,016301 | 56% | 36 | 0,0175 | 11,24344 | 112,4344 | 1,15E+03 | 0,1967602 | 110% |
| 6 | 0,0025 | 9,13306 | 91,3306 | 1,33E+03 | 0,022833 | 63% | 37 | 0,018 | 9,7213875 | 97,21388 | 1,36E+03 | 0,174985 | 69% |
| 7 | 0,003 | 10,18065 | 101,8065 | 1,52E+03 | 0,030542 | 68% | 38 | 0,0185 | 11,118286 | 111,1829 | 1,76E+03 | 0,2056883 | 70% |
| 8 | 0,0035 | 11,68097 | 116,8097 | 1,94E+03 | 0,040883 | 70% | 39 | 0,019 | 12,369927 | 123,6993 | 1,75E+03 | 0,2350286 | 87% |
| 9 | 0,004 | 12,861 | 128,61 | 1,93E+03 | 0,051444 | 86% | 40 | 0,0195 | 12,256497 | 122,565 | 1,28E+03 | 0,2390017 | 118% |
| 10 | 0,0045 | 12,71589 | 127,1589 | 1,42E+03 | 0,057221 | 114% | 41 | 0,02 | 11,222748 | 112,2275 | 1,15E+03 | 0,224455 | 110% |
| 11 | 0,005 | 11,66627 | 116,6627 | 1,26E+03 | 0,058331 | 108% | 42 | 0,0205 | 9,7231213 | 97,23121 | 1,36E+03 | 0,199324 | 69% |
| 12 | 0,0055 | 10,25612 | 102,5612 | 1,46E+03 | 0,056409 | 72% | 43 | 0,021 | 11,127631 | 111,2763 | 1,76E+03 | 0,2336802 | 70% |
| 13 | 0,006 | 11,59384 | 115,9384 | 1,84E+03 | 0,069563 | 73% | 44 | 0,0215 | 12,375217 | 123,7522 | 1,76E+03 | 0,2660672 | 87% |
| 14 | 0,0065 | 12,81182 | 128,1182 | 1,85E+03 | 0,083277 | 89% | 45 | 0,022 | 12,253028 | 122,5303 | 1,27E+03 | 0,2695666 | 118% |
| 15 | 0,007 | 12,66522 | 126,6522 | 1,33E+03 | 0,088657 | 121% | 46 | 0,0225 | 11,212229 | 112,1223 | 1,15E+03 | 0,2522751 | 109% |
| 16 | 0,0075 | 11,58879 | 115,8879 | 1,16E+03 | 0,086916 | 116% | 47 | 0,023 | 9,7342767 | 97,34277 | 1,37E+03 | 0,2238884 | 69% |
| 17 | 0,008 | 9,864383 | 98,64383 | 1,36E+03 | 0,078915 | 72% | 48 | 0,0235 | 11,157178 | 111,5718 | 1,77E+03 | 0,2621937 | 70% |
| 18 | 0,0085 | 11,17836 | 111,7836 | 1,78E+03 | 0,095016 | 70% | 49 | 0,024 | 12,383337 | 123,8334 | 1,74E+03 | 0,2972201 | 88% |
| 19 | 0,009 | 12,45283 | 124,5283 | 1,79E+03 | 0,112075 | 87% | 50 | 0,0245 | 12,246036 | 122,4604 | 1,27E+03 | 0,3000279 | 118% |
| 20 | 0,0095 | 12,36563 | 123,6563 | 1,31E+03 | 0,117474 | 117% | 51 | 0,025 | 11,196516 | 111,9652 | 1,15E+03 | 0,2799129 | 109% |
| 21 | 0,01 | 11,34716 | 113,4716 | 1,15E+03 | 0,113472 | 112% | 52 | 0,0255 | 9,7369533 | 97,36953 | 1,37E+03 | 0,2482923 | 69% |
| 22 | 0,0105 | 9,768165 | 97,68165 | 1,36E+03 | 0,102566 | 70% | 53 | 0,026 | 11,166289 | 111,6629 | 1,77E+03 | 0,2903235 | 70% |
| 23 | 0,011 | 11,13043 | 111,3043 | 1,76E+03 | 0,122435 | 71% | 54 | 0,0265 | 12,388686 | 123,8869 | 1,75E+03 | 0,3283002 | 88% |
| 24 | 0,0115 | 12,412 | 124,12 | 1,79E+03 | 0,142738 | 86% | 55 | 0,027 | 12,242427 | 122,4243 | 1,27E+03 | 0,3305455 | 118% |
| 25 | 0,012 | 12,32552 | 123,2552 | 1,29E+03 | 0,147906 | 118% | 56 | 0,0275 | 11,185946 | 111,8595 | 1,15E+03 | 0,3076135 | 108% |
| 26 | 0,0125 | 11,30574 | 113,0574 | 1,15E+03 | 0,141322 | 111% | 57 | 0,028 | 9,7474989 | 97,47499 | 1,37E+03 | 0,27293 | 69% |
| 27 | 0,013 | 9,737852 | 97,37852 | 1,36E+03 | 0,126592 | 70% | 58 | 0,0285 | 11,194883 | 111,9488 | 1,78E+03 | 0,3190542 | 70% |
| 28 | 0,0135 | 11,11178 | 111,1178 | 1,76E+03 | 0,150009 | 70% | 59 | 0,029 | 12,395382 | 123,9538 | 1,73E+03 | 0,3594661 | 89% |
| 29 | 0,014 | 12,38239 | 123,8239 | 1,76E+03 | 0,173354 | 87% | 60 | 0,0295 | 12,234621 | 122,3462 | 1,26E+03 | 0,3609213 | 118% |
| 30 | 0,0145 | 12,28776 | 122,8776 | 1,29E+03 | 0,178173 | 117% | 61 | 0,03 | 11,337021 | 113,3702 | 1,15E+03 | 0,3401106 | 112% |
| 31 | 0,015 | 11,26561 | 112,6561 | 1,15E+03 | 0,168984 | 111% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 6,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 5.34E+00 | 0 | 0% | 32 | 0.0155 | 12.58706 | 125.8706 | 1.70E+03 | 0.1950994 | 93% | |
| 2 | 0.0005 | 2.417289 | 24.17289 | 6.30E+02 | 0.001209 | 9% | 33 | 0.016 | 12.168497 | 121.685 | 2.48E+03 | 0.194696 | 60% |
| 3 | 0.001 | 4.937494 | 49.37494 | 1.34E+03 | 0.004937 | 18% | 34 | 0.0165 | 14.121919 | 141.2192 | 2.65E+03 | 0.2330117 | 75% |
| 4 | 0.0015 | 7.508408 | 75.08408 | 1.86E+03 | 0.011263 | 30% | 35 | 0.017 | 14.634416 | 146.3442 | 1.96E+03 | 0.2487851 | 109% |
| 5 | 0.002 | 8.9879 | 89.879 | 1.75E+03 | 0.017976 | 46% | 36 | 0.0175 | 14.071302 | 140.713 | 1.63E+03 | 0.2462478 | 122% |
| 6 | 0.0025 | 10.07312 | 100.7312 | 1.97E+03 | 0.025183 | 52% | 37 | 0.018 | 12.707313 | 127.0731 | 1.75E+03 | 0.2287316 | 92% |
| 7 | 0.003 | 11.53326 | 115.3326 | 2.34E+03 | 0.0346 | 57% | 38 | 0.0185 | 12.331592 | 123.3159 | 2.52E+03 | 0.2281345 | 60% |
| 8 | 0.0035 | 13.58736 | 135.8736 | 3.07E+03 | 0.047556 | 60% | 39 | 0.019 | 14.262493 | 142.6249 | 2.68E+03 | 0.2709874 | 76% |
| 9 | 0.004 | 15.31136 | 153.1136 | 3.12E+03 | 0.061245 | 75% | 40 | 0.0195 | 14.750456 | 147.5046 | 1.97E+03 | 0.2876339 | 110% |
| 10 | 0.0045 | 15.65307 | 156.5307 | 2.33E+03 | 0.070439 | 105% | 41 | 0.02 | 14.168564 | 141.6856 | 1.64E+03 | 0.2833713 | 123% |
| 11 | 0.005 | 14.99562 | 149.9562 | 1.99E+03 | 0.074978 | 113% | 42 | 0.0205 | 12.787772 | 127.8777 | 1.74E+03 | 0.2621493 | 94% |
| 12 | 0.0055 | 13.5553 | 135.553 | 2.14E+03 | 0.074554 | 86% | 43 | 0.021 | 12.350095 | 123.5009 | 2.52E+03 | 0.259352 | 61% |
| 13 | 0.006 | 13.95757 | 139.5757 | 3.00E+03 | 0.083745 | 65% | 44 | 0.0215 | 14.282832 | 142.8283 | 2.68E+03 | 0.3070809 | 76% |
| 14 | 0.0065 | 15.68002 | 156.8002 | 3.03E+03 | 0.10192 | 81% | 45 | 0.022 | 14.77159 | 147.7159 | 1.97E+03 | 0.324975 | 111% |
| 15 | 0.007 | 15.96458 | 159.6458 | 2.20E+03 | 0.111752 | 116% | 46 | 0.0225 | 14.185529 | 141.8553 | 1.63E+03 | 0.3191744 | 124% |
| 16 | 0.0075 | 15.20672 | 152.0672 | 1.78E+03 | 0.114405 | 130% | 47 | 0.023 | 12.801054 | 128.0105 | 1.74E+03 | 0.2944242 | 94% |
| 17 | 0.008 | 13.67384 | 136.7384 | 1.85E+03 | 0.109391 | 101% | 48 | 0.0235 | 12.319068 | 123.1907 | 2.51E+03 | 0.2894981 | 60% |
| 18 | 0.0085 | 12.85939 | 128.5939 | 2.61E+03 | 0.109305 | 63% | 49 | 0.024 | 14.253701 | 142.537 | 2.67E+03 | 0.3420888 | 76% |
| 19 | 0.009 | 14.73885 | 147.3885 | 2.72E+03 | 0.13265 | 80% | 50 | 0.0245 | 14.742696 | 147.427 | 1.96E+03 | 0.3611961 | 111% |
| 20 | 0.0095 | 15.15556 | 151.5556 | 1.97E+03 | 0.143978 | 117% | 51 | 0.025 | 14.159117 | 141.5912 | 1.62E+03 | 0.3539779 | 124% |
| 21 | 0.01 | 14.49518 | 144.9518 | 1.59E+03 | 0.144952 | 132% | 52 | 0.0255 | 12.776262 | 127.7626 | 1.73E+03 | 0.3257947 | 95% |
| 22 | 0.0105 | 13.04211 | 130.4211 | 1.66E+03 | 0.136942 | 102% | 53 | 0.026 | 12.28137 | 122.8137 | 2.50E+03 | 0.3193156 | 60% |
| 23 | 0.011 | 12.06779 | 120.6779 | 2.40E+03 | 0.132746 | 61% | 54 | 0.0265 | 14.223311 | 142.2331 | 2.66E+03 | 0.3769177 | 76% |
| 24 | 0.0115 | 14.04441 | 140.4441 | 2.58E+03 | 0.161511 | 77% | 55 | 0.027 | 14.720703 | 147.207 | 1.96E+03 | 0.397459 | 111% |
| 25 | 0.012 | 14.56706 | 145.6706 | 1.89E+03 | 0.174805 | 112% | 56 | 0.0275 | 14.141373 | 141.4137 | 1.62E+03 | 0.3888878 | 124% |
| 26 | 0.0125 | 13.9996 | 139.996 | 1.55E+03 | 0.174995 | 126% | 57 | 0.028 | 12.762586 | 127.6259 | 1.74E+03 | 0.3573524 | 94% |
| 27 | 0.013 | 12.62875 | 126.2875 | 1.66E+03 | 0.164174 | 96% | 58 | 0.0285 | 12.282165 | 122.8216 | 2.50E+03 | 0.3500417 | 60% |
| 28 | 0.0135 | 11.97248 | 119.7248 | 2.41E+03 | 0.161628 | 60% | 59 | 0.029 | 14.220989 | 142.2099 | 2.66E+03 | 0.4124087 | 76% |
| 29 | 0.014 | 13.95037 | 139.5037 | 2.59E+03 | 0.195305 | 75% | 60 | 0.0295 | 14.714802 | 147.148 | 1.96E+03 | 0.4340867 | 111% |
| 30 | 0.0145 | 14.48357 | 144.8357 | 1.91E+03 | 0.210012 | 110% | 61 | 0.03 | 14.135825 | 141.3583 | 1.62E+03 | 0.4240748 | 123% |
| 31 | 0.015 | 13.9375 | 139.375 | 1.59E+03 | 0.209062 | 122% | | | | | | | |

5. Variasi Kecepatan 5000 RPM

Tabel data PMSG tanpa *flux barrier*

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 1,77E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 4,3464456 | 43,46446 | 2,38E+02 | 0,0673699 | 79% |
| 2 | 0,0005 | 1,887727 | 1,86E+02 | 0,000944 | 24% | 33 | 0,016 | 4,5015304 | 45,0153 | 2,55E+02 | 0,0720245 | 79% |
| 3 | 0,001 | 3,177701 | 2,30E+02 | 0,003178 | 44% | 34 | 0,0165 | 4,6002188 | 46,00219 | 2,60E+02 | 0,0759036 | 81% |
| 4 | 0,0015 | 4,383963 | 2,71E+02 | 0,006576 | 71% | 35 | 0,017 | 4,5320457 | 45,32046 | 1,99E+02 | 0,0770448 | 103% |
| 5 | 0,002 | 4,727496 | 2,09E+02 | 0,009455 | 107% | 36 | 0,0175 | 4,487688 | 44,87688 | 2,03E+02 | 0,0785345 | 99% |
| 6 | 0,0025 | 4,600304 | 2,08E+02 | 0,011501 | 102% | 37 | 0,018 | 4,3517742 | 43,51774 | 2,39E+02 | 0,0783319 | 79% |
| 7 | 0,003 | 4,415252 | 2,41E+02 | 0,013246 | 81% | 38 | 0,0185 | 4,5057985 | 45,05799 | 2,55E+02 | 0,0833573 | 80% |
| 8 | 0,0035 | 4,540709 | 2,56E+02 | 0,015892 | 80% | 39 | 0,019 | 4,5995552 | 45,99555 | 2,60E+02 | 0,0873915 | 81% |
| 9 | 0,004 | 4,618164 | 2,60E+02 | 0,018473 | 82% | 40 | 0,0195 | 4,5234134 | 45,23413 | 1,97E+02 | 0,0882066 | 104% |
| 10 | 0,0045 | 4,5133 | 1,97E+02 | 0,02031 | 104% | 41 | 0,02 | 4,4788867 | 44,78887 | 2,04E+02 | 0,0895777 | 98% |
| 11 | 0,005 | 4,472169 | 2,04E+02 | 0,022361 | 98% | 42 | 0,0205 | 4,3464458 | 43,46446 | 2,38E+02 | 0,0891021 | 79% |
| 12 | 0,0055 | 4,34227 | 2,37E+02 | 0,023882 | 79% | 43 | 0,021 | 4,5015305 | 45,01531 | 2,55E+02 | 0,0945321 | 79% |
| 13 | 0,006 | 4,499267 | 2,55E+02 | 0,026996 | 79% | 44 | 0,0215 | 4,6002207 | 46,00221 | 2,60E+02 | 0,0989047 | 81% |
| 14 | 0,0065 | 4,599048 | 2,60E+02 | 0,029894 | 81% | 45 | 0,022 | 4,5320461 | 45,32046 | 1,99E+02 | 0,099705 | 103% |
| 15 | 0,007 | 4,531989 | 1,99E+02 | 0,031724 | 103% | 46 | 0,0225 | 4,4876874 | 44,87687 | 2,03E+02 | 0,100973 | 99% |
| 16 | 0,0075 | 4,48767 | 2,03E+02 | 0,033658 | 99% | 47 | 0,023 | 4,3517742 | 43,51774 | 2,39E+02 | 0,1000908 | 79% |
| 17 | 0,008 | 4,351771 | 2,39E+02 | 0,034814 | 79% | 48 | 0,0235 | 4,5057985 | 45,05799 | 2,55E+02 | 0,1058863 | 80% |
| 18 | 0,0085 | 4,505796 | 2,55E+02 | 0,038299 | 80% | 49 | 0,024 | 4,5995551 | 45,99555 | 2,60E+02 | 0,1103893 | 81% |
| 19 | 0,009 | 4,599553 | 2,60E+02 | 0,041396 | 81% | 50 | 0,0245 | 4,523413 | 45,23413 | 1,97E+02 | 0,1108236 | 104% |
| 20 | 0,0095 | 4,523426 | 1,97E+02 | 0,042973 | 104% | 51 | 0,025 | 4,4788865 | 44,78886 | 2,04E+02 | 0,1119722 | 98% |
| 21 | 0,01 | 4,478892 | 2,04E+02 | 0,044789 | 98% | 52 | 0,0255 | 4,3464455 | 43,46445 | 2,38E+02 | 0,1108344 | 79% |
| 22 | 0,0105 | 4,346451 | 2,38E+02 | 0,045638 | 79% | 53 | 0,026 | 4,5015304 | 45,0153 | 2,55E+02 | 0,1170398 | 79% |
| 23 | 0,011 | 4,501533 | 2,55E+02 | 0,049517 | 79% | 54 | 0,0265 | 4,6002195 | 46,00219 | 2,60E+02 | 0,1219058 | 81% |
| 24 | 0,0115 | 4,600221 | 2,60E+02 | 0,052903 | 81% | 55 | 0,027 | 4,5320447 | 45,32045 | 1,99E+02 | 0,1223652 | 103% |
| 25 | 0,012 | 4,532045 | 1,99E+02 | 0,054385 | 103% | 56 | 0,0275 | 4,4876875 | 44,87688 | 2,03E+02 | 0,1234114 | 99% |
| 26 | 0,0125 | 4,487687 | 2,03E+02 | 0,056096 | 99% | 57 | 0,028 | 4,3517743 | 43,51774 | 2,39E+02 | 0,1218497 | 79% |
| 27 | 0,013 | 4,351774 | 2,39E+02 | 0,056573 | 79% | 58 | 0,0285 | 4,5057986 | 45,05799 | 2,55E+02 | 0,1284153 | 80% |
| 28 | 0,0135 | 4,505798 | 2,55E+02 | 0,060828 | 80% | 59 | 0,029 | 4,5995552 | 45,99555 | 2,60E+02 | 0,1333871 | 81% |
| 29 | 0,014 | 4,599555 | 2,60E+02 | 0,064394 | 81% | 60 | 0,0295 | 4,5234125 | 45,23413 | 1,97E+02 | 0,1334407 | 104% |
| 30 | 0,0145 | 4,523413 | 1,97E+02 | 0,065589 | 104% | 61 | 0,03 | 4,4788851 | 44,78885 | 2,04E+02 | 0,1343666 | 98% |
| 31 | 0,015 | 4,478886 | 2,04E+02 | 0,067183 | 98% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 1,5 mm

| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 3,53E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 7,952477 | 8,20E+02 | 0,1232634 | 77% | | |
| 2 | 0,0005 | 2,206725 | 22,06725 | 3,22E+02 | 0,001103 | 15% | 33 | 0,016 | 8,6612551 | 86,61255 | 9,44E+02 | 0,1385801 | 79% |
| 3 | 0,001 | 4,1765 | 41,765 | 5,74E+02 | 0,004176 | 30% | 34 | 0,0165 | 9,2488837 | 92,48884 | 9,25E+02 | 0,1526066 | 92% |
| 4 | 0,0015 | 5,883407 | 58,83407 | 7,36E+02 | 0,008825 | 47% | 35 | 0,017 | 8,7670628 | 87,67063 | 6,94E+02 | 0,1490401 | 111% |
| 5 | 0,002 | 6,967774 | 69,67774 | 6,67E+02 | 0,013936 | 73% | 36 | 0,0175 | 7,5726867 | 75,72687 | 6,86E+02 | 0,132522 | 84% |
| 6 | 0,0025 | 7,511128 | 75,11128 | 6,98E+02 | 0,018778 | 81% | 37 | 0,018 | 7,9701972 | 79,70197 | 8,22E+02 | 0,1434635 | 77% |
| 7 | 0,003 | 7,905971 | 79,05971 | 8,10E+02 | 0,023718 | 77% | 38 | 0,0185 | 8,6739032 | 86,73903 | 9,47E+02 | 0,1604672 | 79% |
| 8 | 0,0035 | 8,62749 | 86,2749 | 9,30E+02 | 0,030196 | 80% | 39 | 0,019 | 9,2580701 | 92,5807 | 9,24E+02 | 0,1759033 | 93% |
| 9 | 0,004 | 9,228385 | 92,28385 | 9,08E+02 | 0,036914 | 94% | 40 | 0,0195 | 8,7615003 | 87,615 | 6,89E+02 | 0,1708493 | 111% |
| 10 | 0,0045 | 8,740109 | 87,40109 | 6,74E+02 | 0,03933 | 113% | 41 | 0,02 | 7,5637384 | 75,63738 | 6,85E+02 | 0,1512748 | 83% |
| 11 | 0,005 | 7,543942 | 75,43942 | 6,70E+02 | 0,03772 | 85% | 42 | 0,0205 | 7,9542092 | 79,54209 | 8,20E+02 | 0,1630613 | 77% |
| 12 | 0,0055 | 7,888444 | 78,88444 | 8,16E+02 | 0,043386 | 76% | 43 | 0,021 | 8,6626684 | 86,62668 | 9,44E+02 | 0,181916 | 79% |
| 13 | 0,006 | 8,610088 | 86,10088 | 9,44E+02 | 0,051661 | 79% | 44 | 0,0215 | 9,2500521 | 92,50052 | 9,25E+02 | 0,1988761 | 93% |
| 14 | 0,0065 | 9,208203 | 92,08203 | 9,27E+02 | 0,059853 | 91% | 45 | 0,022 | 8,7678871 | 87,67887 | 6,94E+02 | 0,1928935 | 111% |
| 15 | 0,007 | 8,738267 | 87,38267 | 6,98E+02 | 0,061168 | 109% | 46 | 0,0225 | 7,5731465 | 75,73147 | 6,85E+02 | 0,1703958 | 84% |
| 16 | 0,0075 | 7,58739 | 75,8739 | 6,91E+02 | 0,056905 | 83% | 47 | 0,023 | 7,9692288 | 79,69229 | 8,22E+02 | 0,1832923 | 77% |
| 17 | 0,008 | 7,991895 | 79,91895 | 8,23E+02 | 0,063935 | 78% | 48 | 0,0235 | 8,6731143 | 86,73114 | 9,47E+02 | 0,2038182 | 79% |
| 18 | 0,0085 | 8,691289 | 86,91289 | 9,47E+02 | 0,073876 | 80% | 49 | 0,024 | 9,2574188 | 92,57419 | 9,24E+02 | 0,2221781 | 93% |
| 19 | 0,009 | 9,271973 | 92,71973 | 9,23E+02 | 0,083448 | 93% | 50 | 0,0245 | 8,7610409 | 87,61041 | 6,89E+02 | 0,2146455 | 111% |
| 20 | 0,0095 | 8,77133 | 87,7133 | 6,87E+02 | 0,083328 | 112% | 51 | 0,025 | 7,5634813 | 75,63481 | 6,85E+02 | 0,189087 | 83% |
| 21 | 0,01 | 7,56964 | 75,6964 | 6,83E+02 | 0,075696 | 84% | 52 | 0,0255 | 7,9547292 | 79,54729 | 8,20E+02 | 0,2028456 | 77% |
| 22 | 0,0105 | 7,947714 | 79,47714 | 8,20E+02 | 0,083451 | 77% | 53 | 0,026 | 8,6630862 | 86,63086 | 9,44E+02 | 0,2252402 | 79% |
| 23 | 0,011 | 8,657322 | 86,57322 | 9,45E+02 | 0,095231 | 79% | 54 | 0,0265 | 9,2503877 | 92,50388 | 9,25E+02 | 0,2451353 | 93% |
| 24 | 0,0115 | 9,24556 | 92,4556 | 9,25E+02 | 0,106324 | 92% | 55 | 0,027 | 8,7681356 | 87,68136 | 6,94E+02 | 0,2367397 | 111% |
| 25 | 0,012 | 8,764721 | 87,64721 | 6,95E+02 | 0,105177 | 110% | 56 | 0,0275 | 7,5732858 | 75,73286 | 6,85E+02 | 0,2082654 | 84% |
| 26 | 0,0125 | 7,571444 | 75,71444 | 6,87E+02 | 0,094643 | 83% | 57 | 0,028 | 7,9689465 | 79,68946 | 8,22E+02 | 0,2231305 | 77% |
| 27 | 0,013 | 7,973693 | 79,73693 | 8,22E+02 | 0,103658 | 77% | 58 | 0,0285 | 8,6728843 | 86,72884 | 9,48E+02 | 0,2471772 | 79% |
| 28 | 0,0135 | 8,676744 | 86,76744 | 9,47E+02 | 0,117136 | 79% | 59 | 0,029 | 9,2572288 | 92,57229 | 9,24E+02 | 0,2684596 | 93% |
| 29 | 0,014 | 9,260402 | 92,60402 | 9,23E+02 | 0,129646 | 93% | 60 | 0,0295 | 8,7609069 | 87,60907 | 6,89E+02 | 0,2584468 | 111% |
| 30 | 0,0145 | 8,763146 | 87,63146 | 6,88E+02 | 0,127066 | 112% | 61 | 0,03 | 7,5634063 | 75,63406 | 6,85E+02 | 0,2269022 | 83% |
| 31 | 0,015 | 7,564671 | 75,64671 | 6,85E+02 | 0,11347 | 84% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan *flux barrier* 3,5 mm

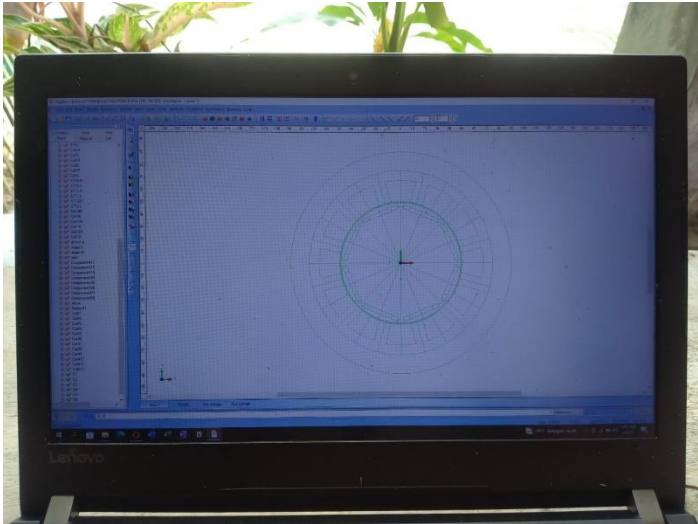
| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 5,30E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 9,6971785 | 96,97179 | 1,40E+03 | 0,1503063 | 67% | |
| 2 | 0,0005 | 2,336069 | 23,36069 | 5,02E+02 | 0,001168 | 11% | 33 | 0,016 | 10,950638 | 109,5064 | 1,72E+03 | 0,1752102 | 70% |
| 3 | 0,001 | 4,644049 | 46,44049 | 9,29E+02 | 0,004644 | 23% | 34 | 0,0165 | 12,219551 | 122,1955 | 1,69E+03 | 0,2016226 | 89% |
| 4 | 0,0015 | 6,804338 | 68,04338 | 1,25E+03 | 0,010207 | 37% | 35 | 0,017 | 12,217746 | 122,1775 | 1,26E+03 | 0,2077017 | 119% |
| 5 | 0,002 | 8,066749 | 80,66749 | 1,17E+03 | 0,016133 | 56% | 36 | 0,0175 | 11,270669 | 112,7067 | 1,15E+03 | 0,1972367 | 111% |
| 6 | 0,0025 | 9,05762 | 90,5762 | 1,28E+03 | 0,022644 | 64% | 37 | 0,018 | 9,7021112 | 97,02111 | 1,40E+03 | 0,174638 | 67% |
| 7 | 0,003 | 9,968831 | 99,68831 | 1,52E+03 | 0,029906 | 65% | 38 | 0,0185 | 10,959678 | 109,5968 | 1,73E+03 | 0,2027541 | 69% |
| 8 | 0,0035 | 11,33509 | 113,3509 | 1,87E+03 | 0,039673 | 69% | 39 | 0,019 | 12,218176 | 122,1818 | 1,67E+03 | 0,2321453 | 89% |
| 9 | 0,004 | 12,56581 | 125,6581 | 1,82E+03 | 0,050263 | 87% | 40 | 0,0195 | 12,194223 | 121,9422 | 1,25E+03 | 0,2377874 | 119% |
| 10 | 0,0045 | 12,53836 | 125,3836 | 1,38E+03 | 0,056423 | 114% | 41 | 0,02 | 11,235534 | 112,3553 | 1,14E+03 | 0,2247107 | 111% |
| 11 | 0,005 | 11,58767 | 115,8767 | 1,23E+03 | 0,057938 | 109% | 42 | 0,0205 | 9,6790647 | 96,79065 | 1,40E+03 | 0,1984208 | 67% |
| 12 | 0,0055 | 10,12173 | 101,2173 | 1,48E+03 | 0,05567 | 69% | 43 | 0,021 | 10,943865 | 109,4387 | 1,72E+03 | 0,2298212 | 70% |
| 13 | 0,006 | 11,31229 | 113,1229 | 1,78E+03 | 0,067874 | 72% | 44 | 0,0215 | 12,198613 | 121,9861 | 1,67E+03 | 0,2622702 | 89% |
| 14 | 0,0065 | 12,55779 | 125,5779 | 1,75E+03 | 0,081626 | 90% | 45 | 0,022 | 12,180664 | 121,8066 | 1,25E+03 | 0,2679746 | 119% |
| 15 | 0,007 | 12,53245 | 125,3245 | 1,29E+03 | 0,087727 | 121% | 46 | 0,0225 | 11,221254 | 112,2125 | 1,14E+03 | 0,2524782 | 110% |
| 16 | 0,0075 | 11,55585 | 115,5585 | 1,15E+03 | 0,086669 | 116% | 47 | 0,023 | 9,6853359 | 96,85336 | 1,40E+03 | 0,2227627 | 67% |
| 17 | 0,008 | 9,879278 | 98,79278 | 1,38E+03 | 0,079034 | 71% | 48 | 0,0235 | 10,954801 | 109,548 | 1,73E+03 | 0,2574378 | 69% |
| 18 | 0,0085 | 10,99159 | 109,9159 | 1,75E+03 | 0,093429 | 69% | 49 | 0,024 | 12,197822 | 121,9782 | 1,65E+03 | 0,2927477 | 90% |
| 19 | 0,009 | 12,27453 | 122,7453 | 1,71E+03 | 0,110471 | 88% | 50 | 0,0245 | 12,157913 | 121,5791 | 1,24E+03 | 0,2978689 | 119% |
| 20 | 0,0095 | 12,28009 | 122,8009 | 1,29E+03 | 0,116661 | 117% | 51 | 0,025 | 11,18664 | 111,8664 | 1,14E+03 | 0,279666 | 110% |
| 21 | 0,01 | 11,34582 | 113,4582 | 1,15E+03 | 0,113458 | 112% | 52 | 0,0255 | 9,6624718 | 96,62472 | 1,40E+03 | 0,246393 | 67% |
| 22 | 0,0105 | 9,750176 | 97,50176 | 1,41E+03 | 0,102377 | 67% | 53 | 0,026 | 10,938273 | 109,3827 | 1,72E+03 | 0,2843951 | 70% |
| 23 | 0,011 | 10,98863 | 109,8863 | 1,73E+03 | 0,120875 | 70% | 54 | 0,0265 | 12,178191 | 121,7819 | 1,65E+03 | 0,3227221 | 90% |
| 24 | 0,0115 | 12,2667 | 122,667 | 1,71E+03 | 0,141067 | 88% | 55 | 0,027 | 12,144088 | 121,4409 | 1,24E+03 | 0,3278904 | 119% |
| 25 | 0,012 | 12,27615 | 122,7615 | 1,27E+03 | 0,147314 | 119% | 56 | 0,0275 | 11,172193 | 111,7219 | 1,14E+03 | 0,3072353 | 109% |
| 26 | 0,0125 | 11,33653 | 113,3653 | 1,15E+03 | 0,141707 | 112% | 57 | 0,028 | 9,6685504 | 96,6855 | 1,40E+03 | 0,2707194 | 67% |
| 27 | 0,013 | 9,720069 | 97,20069 | 1,40E+03 | 0,126361 | 68% | 58 | 0,0285 | 10,949706 | 109,4971 | 1,73E+03 | 0,3120666 | 69% |
| 28 | 0,0135 | 10,9651 | 109,651 | 1,74E+03 | 0,148029 | 69% | 59 | 0,029 | 12,176794 | 121,7679 | 1,64E+03 | 0,353127 | 90% |
| 29 | 0,014 | 12,23844 | 122,3844 | 1,68E+03 | 0,171338 | 89% | 60 | 0,0295 | 12,121152 | 121,2115 | 1,23E+03 | 0,357574 | 120% |
| 30 | 0,0145 | 12,23057 | 122,3057 | 1,27E+03 | 0,177343 | 118% | 61 | 0,03 | 11,298803 | 112,988 | 1,13E+03 | 0,3389641 | 113% |
| 31 | 0,015 | 11,28453 | 112,8453 | 1,14E+03 | 0,169268 | 111% | | | | | | | |

Tabel data PMSG dengan flux barrier 6,5 mm

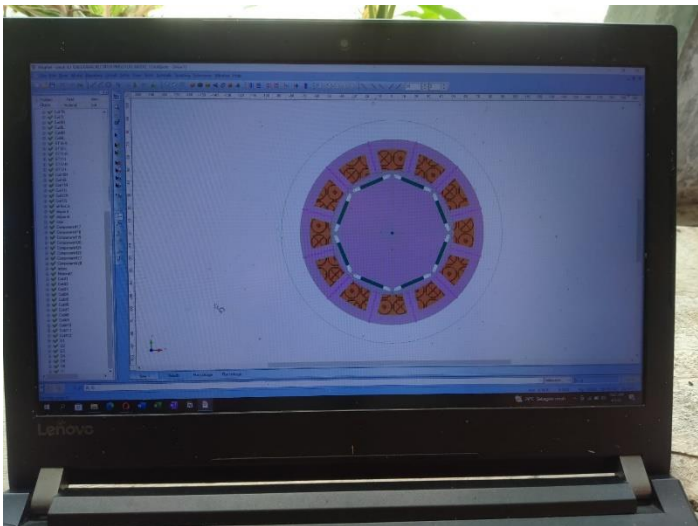
| Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | Time(s) | Current(A) | Voltage(V) | Pin | Pout | efisiensi | | |
|---------|------------|------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------|
| 1 | 0 | 0 | 7,06E+00 | 0 | 0% | 32 | 0,0155 | 12,489654 | 124,8965 | 1,74E+03 | 0,1935896 | 90% | |
| 2 | 0,0005 | 2,398035 | 23,98035 | 6,81E+02 | 0,001199 | 8% | 33 | 0,016 | 11,7193 | 117,193 | 2,34E+03 | 0,1875088 | 59% |
| 3 | 0,001 | 4,890182 | 48,90182 | 1,31E+03 | 0,00489 | 18% | 34 | 0,0165 | 13,684829 | 136,8483 | 2,44E+03 | 0,2257997 | 77% |
| 4 | 0,0015 | 7,368523 | 73,68523 | 1,77E+03 | 0,011053 | 31% | 35 | 0,017 | 14,335133 | 143,3513 | 1,87E+03 | 0,2436973 | 110% |
| 5 | 0,002 | 8,828153 | 88,28153 | 1,73E+03 | 0,017656 | 45% | 36 | 0,0175 | 13,892766 | 138,9277 | 1,58E+03 | 0,2431234 | 122% |
| 6 | 0,0025 | 9,98042 | 99,8042 | 1,90E+03 | 0,024951 | 53% | 37 | 0,018 | 12,577617 | 125,7762 | 1,76E+03 | 0,2263971 | 90% |
| 7 | 0,003 | 11,26072 | 112,6072 | 2,32E+03 | 0,033782 | 55% | 38 | 0,0185 | 11,82958 | 118,2958 | 2,38E+03 | 0,2188472 | 59% |
| 8 | 0,0035 | 13,11993 | 131,1993 | 2,93E+03 | 0,04592 | 59% | 39 | 0,019 | 13,787841 | 137,8784 | 2,46E+03 | 0,261969 | 77% |
| 9 | 0,004 | 14,90929 | 149,0929 | 2,94E+03 | 0,059637 | 76% | 40 | 0,0195 | 14,410758 | 144,1076 | 1,87E+03 | 0,2810098 | 111% |
| 10 | 0,0045 | 15,39067 | 153,9067 | 2,27E+03 | 0,069258 | 105% | 41 | 0,02 | 13,950447 | 139,5045 | 1,59E+03 | 0,2790089 | 123% |
| 11 | 0,005 | 14,84134 | 148,4134 | 1,94E+03 | 0,074207 | 113% | 42 | 0,0205 | 12,623522 | 126,2352 | 1,76E+03 | 0,2587822 | 91% |
| 12 | 0,0055 | 13,43344 | 134,3344 | 2,14E+03 | 0,073884 | 84% | 43 | 0,021 | 11,83459 | 118,3459 | 2,37E+03 | 0,2485264 | 59% |
| 13 | 0,006 | 13,4354 | 134,354 | 2,84E+03 | 0,080612 | 64% | 44 | 0,0215 | 13,789737 | 137,8974 | 2,46E+03 | 0,2964793 | 77% |
| 14 | 0,0065 | 15,2273 | 152,273 | 2,83E+03 | 0,098977 | 82% | 45 | 0,022 | 14,426376 | 144,2638 | 1,88E+03 | 0,3173803 | 111% |
| 15 | 0,007 | 15,67751 | 156,7751 | 2,12E+03 | 0,109743 | 116% | 46 | 0,0225 | 13,969439 | 139,6944 | 1,58E+03 | 0,3143124 | 124% |
| 16 | 0,0075 | 15,04634 | 150,4634 | 1,73E+03 | 0,112848 | 131% | 47 | 0,023 | 12,640505 | 126,405 | 1,76E+03 | 0,2907316 | 91% |
| 17 | 0,008 | 13,55482 | 135,5482 | 1,86E+03 | 0,108439 | 99% | 48 | 0,0235 | 11,819776 | 118,1978 | 2,37E+03 | 0,2777647 | 59% |
| 18 | 0,0085 | 12,40551 | 124,0551 | 2,48E+03 | 0,105447 | 62% | 49 | 0,024 | 13,780173 | 137,8017 | 2,46E+03 | 0,3307242 | 77% |
| 19 | 0,009 | 14,28208 | 142,8208 | 2,52E+03 | 0,128539 | 81% | 50 | 0,0245 | 14,40396 | 144,0396 | 1,86E+03 | 0,352897 | 111% |
| 20 | 0,0095 | 14,84018 | 148,4018 | 1,88E+03 | 0,140982 | 117% | 51 | 0,025 | 13,94286 | 139,4286 | 1,58E+03 | 0,3485715 | 123% |
| 21 | 0,01 | 14,30373 | 143,0373 | 1,55E+03 | 0,143037 | 132% | 52 | 0,0255 | 12,615065 | 126,1506 | 1,75E+03 | 0,3216842 | 91% |
| 22 | 0,0105 | 12,90422 | 129,0422 | 1,69E+03 | 0,135494 | 98% | 53 | 0,026 | 11,788577 | 117,8858 | 2,35E+03 | 0,306503 | 59% |
| 23 | 0,011 | 11,72768 | 117,2768 | 2,29E+03 | 0,129004 | 60% | 54 | 0,0265 | 13,748601 | 137,486 | 2,45E+03 | 0,3643379 | 77% |
| 24 | 0,0115 | 13,62959 | 136,2959 | 2,39E+03 | 0,15674 | 78% | 55 | 0,027 | 14,390538 | 143,9054 | 1,87E+03 | 0,3885445 | 111% |
| 25 | 0,012 | 14,28656 | 142,8656 | 1,82E+03 | 0,171439 | 112% | 56 | 0,0275 | 13,938203 | 139,382 | 1,57E+03 | 0,3833006 | 123% |
| 26 | 0,0125 | 13,84265 | 138,4265 | 1,53E+03 | 0,173033 | 125% | 57 | 0,028 | 12,61354 | 126,1354 | 1,75E+03 | 0,3531791 | 91% |
| 27 | 0,013 | 12,52535 | 125,2535 | 1,71E+03 | 0,162829 | 92% | 58 | 0,0285 | 11,795353 | 117,9535 | 2,37E+03 | 0,3361675 | 59% |
| 28 | 0,0135 | 11,60081 | 116,0081 | 2,31E+03 | 0,156611 | 58% | 59 | 0,029 | 13,757943 | 137,5794 | 2,45E+03 | 0,3989803 | 77% |
| 29 | 0,014 | 13,58301 | 135,8301 | 2,41E+03 | 0,190162 | 77% | 60 | 0,0295 | 14,384621 | 143,8462 | 1,86E+03 | 0,4243463 | 111% |
| 30 | 0,0145 | 14,23222 | 142,3222 | 1,83E+03 | 0,206367 | 111% | 61 | 0,03 | 13,926578 | 139,2658 | 1,57E+03 | 0,4177973 | 123% |
| 31 | 0,015 | 13,79505 | 137,9505 | 1,56E+03 | 0,206926 | 122% | | | | | | | |

C. Proses Pemodelan

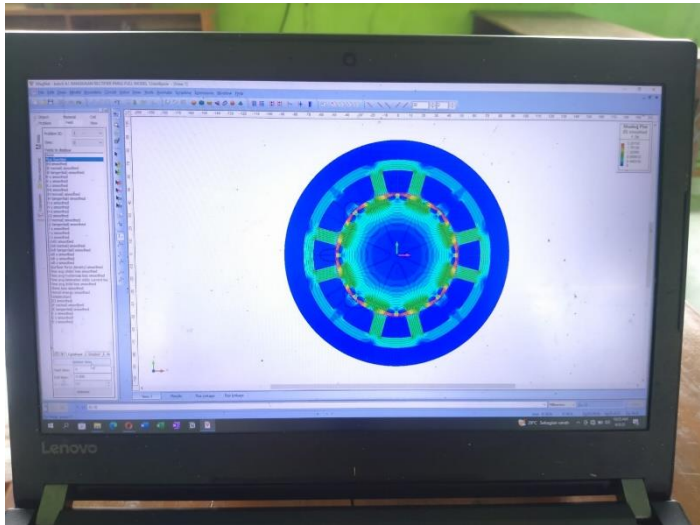
a. Pemodelan Garis PMSG 12S8P



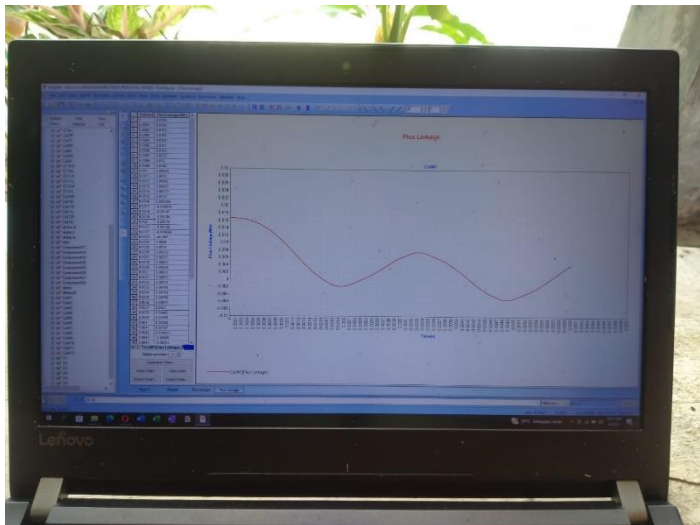
b. Model PMSG 12S8P



c. Aliran *Flux* PMSG 12S8P



d. Grafik Aliran Flux Magnet



RIWAYAT HIDUP

Nama : Nugroho Noto Susanto
NIM : 1808026027
Tempat/Tgl lahir : Pati, 26 Juni 2000
Asal Daerah : Pati
Email : Lezka266.nugroho@gmail.com
No. Telpn : 085867037406

Riwayat Pendidikan :

- TK : RA. Masyitoh/2006
- SD : SDN 01 Karaban/2012
- SMP : MTs Raudlatul Ulum Guyangan/2015
- SMA : MA Raudlatul Ulum Guyangan/2018

Semarang, 17 April 2023
Pembuat Pernyataan,

Nugroho Noto Susanto
NIM. 1808026027