Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM)

SKRIPSI

Oleh :

Deni Arianto Barus

17.812.0051

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM)

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

Deni Arianto Barus

17.812.0051

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisa Modifikasi Motor Induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan menggunakan *Finite Element Method* (FEM)

Nama : DENI ARIANTO BARUS

NPM : 17.812.0051

Fakultas : TEKNIK

Disetujui oleh:

Komisi Pembimbing

Ir.Zulnifli Bahri,.MT
Pembingbing I

Habib Satria,S.Pd,.MT
Pembingbing II

mengetahui

Dr.Rahmad Syah,S.Kom,M.Kom
Dekan

Habib Satria,S.Pd,.MT
Ka.prodi Studi

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar serjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 20 Oktober 2022

Yang menyatakan,

Deni Arianto Barus

17.812.0051

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Deni Arianto Barus
NPM	: 17.812.0051
Program Studi	: Teknik Elektro
Fakultas	: Teknik
Jenis karya	: Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

"Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM)"

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 20 Oktober 2022

Deni Arianto Barus
17.812.0051

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sungai Buaya Pada tanggal 19 September 1997 dari ayah Salmon Barus dan ibu Masni br Sipayung. Penulis merupakan putra Kedua dari Dua bersaudara.

Tahun 2016 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 LUBUK PAKAM dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami serta memperdalam pengetahuan tentang dunia elektr serta berbagai hal yang berhubungan tentang kelistrikan, yang bisa di terapkan penulis dalam kehidupan sehari-hari.Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. LENTERA BUMI NUANTARA

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Abstrak

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Komponen yang paling penting untuk memodifikasi PMSG dari motor induksi adalah Magnet permanen, yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat desain modifikasi motor induksi menjadi generator sinkron magnet permanen tiga fasa dengan menggunakan fluks radial dan mendapatkan Daya dari generator yang telah di modifikasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adaalah metode literatur. Langkah awal yang dilakukan dalam melakukan penelitian yaitu mencari refrensi generator yang sejenis untuk dijadikan acuan dalam melakukan desain. Hasil dari penelitian yaitu PMSG 24S16P dengan jumlah lilitan 60 dan luas penampang tembaga 0.5mm menghasilkan daya *output* sebesar 313,24 Watt di kecepatan 700 RPM. Penelitian ini mengguunakan *software* berbasis *FEM* (*Finite Element Method)* untuk melakukan desain.

Kata kunci : PMSG, magnet permanen, motor induksi, FEM.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Abstract

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) is an electrical equipment that functions to convert mechanical energy into electrical energy. The most important component to modify the PMSG of an induction motor is a permanent magnet, which serves to generate a magnetic field. The purpose of this research is to design a modified induction motor into a three-phase permanent magnet synchronous generator using radial flux and get power from the modified generator. . The method used in this study is the literature method. The initial step taken in conducting research is to look for a similar generator reference to be used as a reference in carrying out the design. The results of this study are PMSG 24S16P with 60 turns and a copper cross-sectional area of 0.5mm produces an output power of 313.24 Watts at a speed of 700 RPM. This research uses software based on FEM (Finite Element Method) to do the design.

Keywords: PMSG, permanent magnet, induction motor, FEM.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat melaksanakan penulisan skripsi dengan judul "Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM**)**

Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Elektro.

Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan penulisan skripsi ini, terutama kepada :

1. Teristimewa kedua orang tua tercinta, Bapak Salmon Barus dan Ibu Masni Sipayung yang telah dengan sabar dan penuh kasih sayang merawat, menjaga, membesarkan dan mendidik penulis. Serta tak henti-hentinya mendoakan dan mendukung penulis, baik dalam bentuk motivasi maupun materi, dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakuktas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Habib Satria, S.Pd.,MT selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir Zulkifli Bahri, MT, selaku dosen pembimbing I skripsi dan bapak Habib Satria, S.Pd.,MT selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah dengan penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dalam

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

menyelesakian skripsi ini.

5. Bapak Ricky Elson, B.Emg.,M.Eng atasa motivasi dan pengalaman Hidup nya.
6. Bang Shady, ST terimakasih buat ilmunya karena tidak bosan-bosannya mengajari saya terkait mesin listrik di PT.Lentera Bumi Nusantara.
7. Kawan-kawan di PT.Lentera Bumi Nusantara terkhusus team Rap-Rap terimakasih atas diskusi dan motifasinya
8. Untuk kakak yang selalu memberikan motivasi Desi Natalia Barus, S.Pd terimakasih atas ilmu dan motivasinya.
9. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak ilmu dan bantuan kepada penulis.

Penulis tidaklah sempurna, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan skripsi ini penulis mengharapkan kritik dan sarannya. Akhir kata semoga penulisan skripsi iniini dapat memberikan banyak manfaat untuk kita semua.

Medan,7 januari 2022

Penulis,

Deni Arianto Barus
NIM. 178120051

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Daftar isi

Kata Pengantar ix
Daftar isi xi
Daftar Gambar xiv
Daftar Tabel xv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1.Latar Belakang Masalah 1
1.2.Perumusan masalah 2
1.3.Batasan Masalah 2
1.4.Tujuan Penelitian 3
1.5.Manfaat Penelitian 4
1.6.Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Motor Induksi 6
2.1.1.Motor Indusi Satu Fasa 6
2.1.2. Motor Induksi Tiga Fasa 7
2.2. Generator 8
2.3. Perhitungan Perancangan PMSG 9
2.3.1. Perhitungan Dimensi Rotor Pada PMSG 9
2.3.2. Menghitung Magnet Pada PMSG 10
2.3.3. Perhitungan Pole, Derajat Slot,Dan Derajat Pole 11
2.3.4Menghitung Lilitan PMSG 12
2.3.5.Menghitung arus PMSG 13
2.3.6.Menghitung Tegangan Induksi PMSG 13
2.3.7.Menghitung Daya Dan Torsi Pada PMSG 14
2.3.8.Menghitung *Back*-EMF (*Electromotive Force*) 16
2.4. Lilitan (*Winding*) Pada PMSG 17

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

BAB III METODE PENELITIAN.....19
3.1.Tempat Dan Waktu Penelitian..... 19
3.1.1.Tempat Penelitian..... 19
3.1.2.Waktu Penelitian 19
3.2.Kerangka Berpikir..... 20
3.3.*flowchart* Penulisan Skripsi 23
3.4.Metode Pengumpulan Data..... 24
3.4.1.Observasi Langsung..... 25
3.4.2.Wawancara..... 25
3.4.3.Studi Literatur..... 25
3.5.Metode Analisis..... 25
3.6.Langkah-Langkah Simulasi Modifikasi PMSG pada Software 26
3.6.1.Mendesain Geometri PMSG..... 26
3.6.2.Menginisialisasi Desain PMSG..... 26
3.6.3.Mengatur Parameter kumparan pada PMSG 27
3.6.4.Mengatur *Mesh* Pada PMSG..... 28
3.6.5.Mengatur Parameter *Motion* pada Rotor..... 29
3.6.6.Pengaturan Parameter kecepatan sudut rotor..... 30
3.6.7.Solved pada simulasi software magnet..... 33
3.6.8.Data Motor Induksi 33

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL.....35
4.1. Spesifikasi motor induksi..... 35
4.1.1.Geometri stator dan rotor motor induksi..... 35
4.1.2.Ukuran Dimensi Pada Motor Induksi..... 35
4.1.3.Data Material Inti Besi Motor Induksi 36
4.2.Desain Dan Simulasi Pemodelan Pada PMSG di *software* magnet .. 37
4.2.1. Desain pemodelan PMSG 37
4.2.2.Desain Skema Winding..... 39
4.2.3.Distribusi Medan Magnet Hasil Pada PMSG..... 40
4.3.Hasil Simulasi Dan Analisa Hasil pada s*ofware* berbasis FEM 42

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

4.3.1. Simulasi Tanpa Beban pada PMSG 42
4.3.1.1. Hasil simulasi 200 RPM Tanpa Beban 43
4.3.1.2. Hasil simulasi 300 RPM Tanpa Beban 46
4.3.1.3Hasil simulasi 350 RPM Tanpa Beban..... 48
4.3.1.4. Hasil simulasi 400 RPM Tanpa Beban 51
4.3.1.5. Hasil simulasi 500 RPM Tanpa Beban 53
4.3.1.6. Hasil simulasi 600 RPM Tanpa Beban 56
4.3.1.7. Hasil simulasi 700 RPM Tanpa Beban 58
4.3.2.Simulasi Dengan Variasi Beban R Pada PMSG 61
4.3.2.1.Hasil Simulasi 200 Rpm Dengan Variasi Beban R 62
4.3.2.2.Hasil Simulasi 300 Rpm Dengan Variasi Beban R 63
4.3.2.3.Hasil Simulasi 350 Rpm Dengan Variasi Beban R 64
4.3.2.4.Hasil Simulasi 400 Rpm Dengan Variasi Beban R 65
4.3.2.5.Hasil Simulasi 500 Rpm Dengan Variasi Beban R 66
4.3.2.6.Hasil Simulasi 600 Rpm Dengan Variasi Beban R 67
4.3.2.7.Hasil Simulasi 700 Rpm Dengan Variasi Beban R 68

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....69
5.1. Kesimpulan 69
5.2. Saran 70
Daftar Pustaka 71

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 prinsip medan magnet utama dan bantu pada motor induksi 1 fasa....7
Gambar 2. 2 Permanen Magnet Synchronous Generator.....9
Gambar 2. 3 slot pada stator PMSG.....18
Gambar 2. 4 Teknik belitan pada melilit PMSG.....18

Gambar 3. 1 flowchart kerangka berpikir 20
Gambar 3. 2 flowchart Penulisan Skripsi.....23
Gambar 3. 3 Desain Geometri 2D di software magnet 26
Gambar 3. 4 Menginisialisasikan setiap komponen PMSG.....27
Gambar 3. 5 Mengatur parameter kumpara 28
Gambar 3. 6 Tampilan Tititk Mash di Model PMSG 29
Gambar 3. 7 Mengatur kecepatan rotor di motion 30
Gambar 3. 8 mengatur posisi sudut anggle di motion.....32
Gambar 3. 9 mengatur kecepatan putar rotor.....32
Gambar 3. 10 Tampilan proses solving.....33
Gambar 3. 11 Gambar Nameplat pada motor induksi 1 fasa 34

Gambar 4. 1 Gambar geometri ststor dan rotor motor induksi 2D 35
Gambar 4. 2 Kurva Core Loss dan kurva B-H M800-50A 37
Gambar 4. 3 Desain Stator 2D dan 3D pada PMSG 37
Gambar 4. 4 Gambar 4. 3 Gambar Desain rotor 2D dan 3D pada PMSG 38
Gambar 4. 5 Skema Winding 24 S16P.....39
Gambar 4. 6 Desain Kumparan Untuk Masing-masimg fasa 40
Gambar 4. 7 Garis fluks magnet untuk magnet permanen jenis NdFeB 35.....41
Gambar 4. 8 Arah medan magnet untuk magnet permanen jenis NdFeb 35. 41
Gambar 4. 9 Gambar Rangkaian simulasi Tanpa Pembebanan 43
Gambar 4. 10 Gambar Rangkaian simulasi Pembebanan menggunakan dioda 61

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Daftar Tabel

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian 19
Tabel 4. 1 Ukuran Dimensi motor induksi.....35
Tabel 4. 2 Spesifikasi material inti besi 36
Tabel 4. 3 Material pada Komponen PMSG.....38
Tabel 4. 4 Hubungan coil per Slot pada setiap Phasa 40
Tabel 4. 5 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 200 Rpm tanpa beban 44
Tabel 4. 6 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 300 Rpm tanpa beban 46
Tabel 4. 7 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 350 Rpm tanpa beban 49
Tabel 4. 8 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 400 Rpm tanpa beban 51
Tabel 4. 9 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 500 Rpm tanpa beban 54
Tabel 4. 10 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 600 Rpm tanpa beban ...56
Tabel 4. 11 Tabel tegangan antar Phasa pada kecepatan 700 Rpm tanpa beban ...59
Tabel 4. 12 Tabel Hasil Simulasi 200 Rpm Dengan Variasi Beban R 62
Tabel 4. 13 Tabel Hasil Simulasi 300 Rpm Dengan Variasi Beban R 63
Tabel 4. 14 Tabel Hasil Simulasi 350 Rpm Dengan Variasi Beban R 64
Tabel 4. 15 Tabel Hasil Simulasi 400 Rpm Dengan Variasi Beban R 65
Tabel 4. 16 Tabel Hasil Simulasi 500 Rpm Dengan Variasi Beban R 66
Tabel 4. 17 Tabel Hasil Simulasi 600 Rpm Dengan Variasi Beban R 67
Tabel 4. 18 Tabel Hasil Simulasi 700 Rpm Dengan Variasi Beban R 68

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Energi angin merupakan salah satu energi yang memiliki potensi yang ssangat besar di Indnesia meskipun tidak se-maksimal di Negara sub-tropis lainnya, namun Indonesia masih bellum dapat memaksimalkan sepenuhnya.Salah satu pemanfaatanya yaitu dengan cara membangun pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dengan menggunakan generator bersekala mikro atau yang biasa sering kita jumpai yaitu *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG). PMSG merupakan komponen penting yang digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang berfungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Perkembangan teknologi industri dan peralatan rumah tangga yang semakin cepat berkembang sehingga industri motor listrik banyak di produksi khusunya motor induksi satu fasa. Penggunaan motor induksi satu fasa sering di jumpai di lingkungan rumah tangga, contohnya mesin pompa air. Sering sekali mesin pompa air mengalami kerusakan dikarenakan faktor umur, sehingga motor pompa air tersebut menjadi bahan daur ulang.Modifikasi motor induksi menjadi generator magnet permanen membutuhkan medan magnet agar bisa mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan sebaliknya. Ketika eksitasi terpisah dari generator sinkron dan dilakukan oleh magnet permanen dan bukan kumparan, generator tersebut disebut *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Berdasarkan masalah diatas, penulis bermaksud ingin memanfaatkan motor pompa air yang sudah tidak terpaiai (*reuse*) menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator.* Di sini penulis menganalisa dan memodifikaskan motor pompa air di *software magnet* yang berbasis *Finite Element Method* (FEM). Adapun tujuan penulis untuk melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien generator yang di modifikasi dari motor pompa air tersebut.

1.2. Perumusan masalah

Pada uraian diatas, maka dapat diambil perumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini, yakni:

1. Bagaimana performa dari motor induksi yang sudah di modifikasi menjadi PMSG?
2. Bagaimana skema *winding* untuk mendapatkan hasil Daya *output* yang optimal?
3. Bagaimana hasil *output* tegangan, arus, torsi, daya *input* dan *output* dan effisiensi pada Pembebanan R menggunakan penyearah?

1.3. Batasan Masalah

Mengingat permasalahan di atas sangat luas, maka dalam penulis skripsi ini perlu dibatasi, sehingga dalam penulisan skripsi initerfokus pada:

1. Penelitian ini hanya sebatas simulasi yang digunakan pada *software magnet* yang berbasis *Finite Element Method (*FEM).
2. Semua pengolahan data dari hasil simulasi di software magnet dan di Microsoft Excel.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3. Menganalisa hasil simulasi rancangan PMSG yang di amati yaitu tegangan, arus, torsi, daya dan efisiensi.
4. Nilai rugi-rugi mekanik dan rugi inti besi pada proses modifikasi diabaikan.
5. Dimensi stator dan rotor yang disimulasikan menggunakan motor induksi pada besi dengan jenis(M800-50A steel).
6. Generator sinkron magnet permanen bekerja pada kecepatan yang divariasikan(200 Rpm, 300 Rpm, 350 Rpm, 400 Rpm, 500 Rpm, 600 Rpm, dan 700 Rpm.
7. Proses modifikasi mengunakan material yang sesuai dengan material motor induksi yang digunakan. Tipe magnet permanen yang digunakan adalah *Neodymium Iron Boron* (NdFeB).
8. Motor induksi yang di modifikasi adalah motor pompa air yang bermerek *sanyo* Model P-H137AC.
9. Tidak menjelaskan tentang *software* yang digunakan dan langkah kerja simulasi pada *software magnet* yang berbasis FEM.

1.4. Tujuan Penelitian

Ada pun tujuan yang akan dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui performa dari motor induksi yang sudah di modifikasi menjadi PMSG.
2. Dapat menetukan skema *winding* yang akan digunakan.
3. Dapat menganalisa hasil *output* tegangan, arus, *daya* Input dan *output*, torsi dan efisiensi pada pembebanan R .

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

1.5. Manfaat Penelitian

Ada pun manfaat yang didapat penulis dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Dapat menambah pengetahuan mengenai pemanfaatan PMSG dan motor induksi.
2. Dapat digunakan sebagai pengembangan pada generator *Wind Turbine* bersekala mikro.
3. Dapat digunakan sebagai acuan pembuatan(rancang bangun) pembuatan generator *Wind Turbine* bersekala mikro.

1.6. Sistematika Penulisan

Skripsi dengaen judul "Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga fasa dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM)" ini tersusun dalam beberapa bab, dengan susunan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, ini berisi pendahuluan yang membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, pada bab ini berisikan teori-teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian yang dibuat seperti

Bab III Metodologi Penelitian, Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode-metode yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir. Selain itu akan dibahas pula cara penyelesaian Tugas Akhir, penyelesaian masalah / analisis data dalam sebuah diagram alir untuk mempermudah konsep.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Bab IV Hasil dan Pembahasan, bab ini menguraikan hasil dari simulsi yang digunakan pada software berbasis FEM.

Bab V Kesimpulan dan Saran, bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dan saran.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Induksi

Motor dalam dunia kelistrikan merupakan mesin yang digunakan untuk me-konversi energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik merupakan motor yang sangat umum digunakan dalam banyak aplikasi, salahsatunya yaitu motor induksi. Motor induksi motor listrik arus bolak-balik (*Alternating Current*). Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya sehingga motor ini disebut motor induksi. Arus yang dihasilkan diperoleh dari arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan *relative* antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Berdasarkan suplai *input* yang digunakan, motor induksi dibagi menjadi dua jenis yaitu motor induksi satu *fasa* dan motor induksi tiga *fasa*.

2.1.1. Motor Indusi Satu Fasa

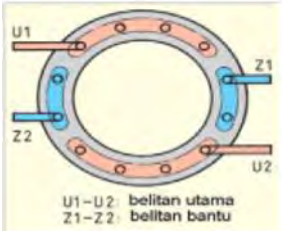
Motor induksi satu fasa adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik secara induksi. Motor ini hanya memiliki sebuah lilitan stator jenis sangkar tupai dan beroperasi dengan pasokan listrik satu fasa. Kontruksi motor induksi satu fasa terdiri atas dua komponen yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian dari motor yang tidak bergerak dan rotor adalah bagian yang bergerak yang bertumpu pada bantalan poros terhadap stator.

Motor induksi satu fasa tidak terjadi medan magnet putar seperti halnya motor induksi tiga fasa, sehingga diperlukan suatu kumparan bantu untuk mengawali berputar. Motor induksi satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu (belitan Z1-Z2).Prinsip

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

kerja medan magnet utama dan medan magnet bantu pada motor satu fasa dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 prinsip medan magnet utama dan bantu pada motor induksi 1 fasa

(Sunber : https://www.fikipedia.id/2020/05/motor-induksi-1-fasa.html)

Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga lebih besar sehingga memiliki impedansi lebih kecil. Sedangkan belitan bantu dibuat dari tembaga berpenampang kecil dan jumlah belitannya lebih banyak. Sehingga impedansinya lebih besar dibanding impedansi belitan utama.

2.1.2. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Motor induksi sering juga disebut motor *asinkron* (Siswoyo, 2008). Motor induksi tiga fasa banyak digunakan untuk menggerakkan peralatan-peralatan di industri. Hal ini karena motor induksi tiga fasa memiliki kunstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya. Pada dasarnya, motor induksi tiga fasa memiliki kecepatan yang konstan saat keadaan tidak berbeban (*zero/no-load*) Maupun beban penuh (*full-load*). Kecepatan motor induksi tiga fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Meskipun begitu, peralatan pengatur frekuensi (*variable frequency drive*) semakin banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi (Theodore Wildi, 2002).

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

2.2. Generator

Generator merupakan mesin konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip faraday. Pada percobaan faraday memutar magnet dalam sebuah kumparan.Akibat dari berputarnya magnet tersebut , medan magnet yang melalui kumparan akan terpotong dan menghasilkan fluksi yang berbeda sehingga menimbulkan beda potensial pada ujung-uung kumparan(S.J Chapman,2012).

Generator berdasarkan kecepatannya terbagi menjadi dua jenis yaitu generator sinkron dan asinkron. Mesin sinkron bekerja pada kecepatan dan frekuensi konstan pada kondisi *steady state* (A. E. Fitzgerald, dkk 2003). Generator sinkron memiliki jumlah putaran rotor yang yang sama dengan jumlah putaran medanmagnet pada stator. *Output* dari generator sinkron berupa arus bolak-balik (AC). Generator arus bolak-balik terbagi menjadi dua jenis yaitu generator 1 fasa dan generator 3 fasa.

PMSG adalah salah satu jenis generator sinkron yang medan utamanya dihasilkan oleh magnet permanent bukan kumparan sehingga fluks magnetik dihasilkan oleh medan magnet permanent. Sama seperti generator pada umumnya, PMSG merupakan sebuah perangkat atau alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam pengguaannya, energi mekanik yang di manfaatkan dapat bersumber dari angin, air, mesin disel, dan lain-lain. Pada generator sinkron, besarnya frekuensi elektrik akan berbanding lurus dengan kecepatan putar generator. Nilai frekuensi pada generator sinkron dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

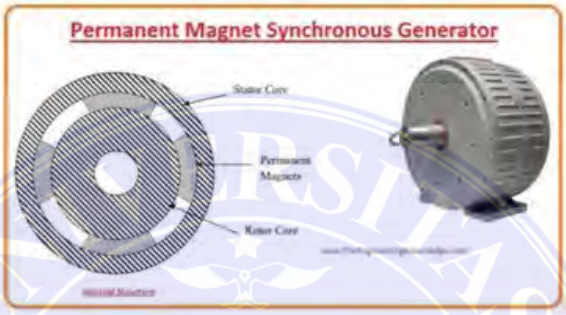
$$f = \frac{P.n}{120} \quad (2.1)$$

keterangan :

f = frekuensi (Hz)

P = jumlah kutub magnet

n = kecepatan putar rotor (rpm)



Gambar 2. 2 Permanen Magnet Synchronous Generator

Sumber https://www.theengineeringknowledge.com/permanent-magnet synchronousgenerator/)

2.3. Perhitungan Perancangan PMSG

Rumus matematis desain *Permanen Magnet Synchronous Generator* merupakan rumus dasar untuk menetukan nilai dari beberapa parameter yang akan diketahui pada generator.

2.3.1. Perhitungan Dimensi Rotor Pada PMSG

Menghitung dimensi rotor dilakukan untuk menentukan pemasangan magnet dan celah *air gap* yang akan digunakan, yaitu:

$$Dr = D - 2.\delta \quad (2.2)$$

Keterangan :

D_r = Diameter rotor (mm)

D = Diameter dalam stator (mm)

δ = Celah *air gap* (mm)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

2.3.2. Menghitung Magnet Pada PMSG

Magnet memiliki arah *fluks* dari kutub utara ke kutub selatan dan ketika kutub yang sama didekatkan maka akan saling tolak menolak. Besarnya *fluks* magnet yang melalui suatu bidang yaitu :

$$\phi = B_{maks} \, . \, A_{magn} \tag{2.3}$$

Keterangan :

ϕ = fluks magnet (Wb)
B_{maks} = Medan magnet maksimum (T)
A_{magn} = Luas Medan Magnet

Luas area medan magnet yang akan timbul dalam generator adalah sebagai berikut:

$$A_{magn} = (P_m \, . \, W_m)2 \, . \, K_{ri} \, \% \tag{2.4}$$

Keterangan :

A_{magn} = Luas medan magnet (m^2)
P_m = panjang magnet (m)
W_m = lebar Magnet (m)
K_{ri} % = daerah kutub termagnetisasi (%)

Untuk mencari nilai persentasi dari kutub rotor yaitu dengan persamaan berikut:

$$K_r = \pi \, D_r \tag{2.5}$$

$$Kri \, \% = \frac{\pi \, Dr - Df \, NDf}{\pi \, Dr} \times 100\% \tag{2.6}$$

Keterangan :

K_r = keliling rotor (m)

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

D_r = diameter rotor (m)

D_f = jarak antar magnet (m)

ND_f = jumlah jarak antar magnet (m)

K_{ri} % = daerah kutub termagnetisasi (%)

Untuk memperoleh nilai medan magnet maksimum maka bisa di lihat dari persamaan berikut :

$$B_{maks} = B_r \frac{lm}{lm+ \delta} \quad (2.7)$$

Keterangan :

B_{maks} = medan magnet maksimal (T)

B_r = medan magnet relatif (T)

l_m = Tinggi magnet (m)

δ = *Airgap* (m)

2.3.3. Perhitungan Pole, Derajat Slot,Dan Derajat Pole

Perhitungan ukuran stator dan rotor saling berkaitan satu sama lain, untuk menentukan bagian pole dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = \frac{120.f}{n} \quad (2.8)$$

keterangan :

N_p =jumlah pole

f = frekuensi generator (Hz)

n = kecepatan putar generator (rpm)

a. Menghitung derajat slot. Θ_s

$$\theta_s = \frac{2.\pi}{Ns} \quad (2.9)$$

Keterangan :

Θ_s = Derajat slot

N_s = Jumlah slot

π = 180°

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

b. Menghitung derajat pole. Θ_p

$$\theta_p = \frac{2.\pi}{Np} \quad (2.10)$$

Keterangan :

Θ_p = Derajat pole

N_p = Jumlah pole

π = 180°

2.3.4. Menghitung Lilitan PMSG

Tegangan yang dihasilkan generator sangat berpengaruh dari banyaknya jumlah lilitan pada suatu kumparan. Melilit sebuah generator pun harus ada perhitungan dan teknik melilit yang benar sehingga tegangan yang dihasilkan merupakan hasil yang paling tinggi. Untuk menentukan jumlah lilitan yang dibutuhkan maka bisa didapat dari persamaan berikut:

$$N_c = \frac{\varepsilon ph}{4{,}44 \,.f.\phi \frac{Ns}{Nph}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

N_c = jumlah lilitan per kumparan

ε_{ph} = tegangan induksi antar fasa (v)

f = frekuensi (Hz)

ϕ = Fluks Magnet (Wb)

Ns = jumlah slot

N_{ph} = jumlah fasa

Berdasarkan teknik pelilitan yang dipakai pada generator untuk memperoleh nilai tegangan. Tegangan yang dihasilkan haruslah paling tinggi dan harus mendekati gelombang sinusoidal sempurna.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

2.3.5. Menghitung arus PMSG

Besarnya arus yang mengalir pada generator dihitung dengan persamaan berikut :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.Nph.Vph} \quad (2.12)$$

Keterangan :

P = Daya 3 *fasa* Generator (Watt)

V_{ph} = Tegangan antar *fasa* (V)

I = Arus *line* (A)

N_{ph} = jumlah *fasa*

2.3.6. Menghitung Tegangan Induksi PMSG

Besar tegangan induksi pada saluran antar *fasa* pada PMSG yaitu :

$$\varepsilon_{ph} = 4{,}44 \,.\, Nc.f.\phi \frac{Ns}{Nph} \quad (2.13)$$

Keterangan :

ε_{ph} = tegangan induksi antar fasa (v)

F = frekuensi (Hz)

ϕ = Fluks Magnet (Wb)

Ns = jumlah slot

N_{ph} = jumlah fasa

N_c = jumlah lilitan per kumparan

Pengujian tegangan generator dapat dihitung besarnya regulasi tegangan dengan persamaan berikut :

$$V_{reg} = \frac{Vdc\ no\ load - Vdc\ load}{Vdc\ load} \times 100\% \quad (2.14)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

2.3.7. Menghitung Daya Dan Torsi Pada PMSG

Torsi yang dihasilkan oleh generator adalah ukuran dari titik balik suatu generator. Torsi yang didapatkan akan menjadi representasi dari performa generator dan akan berhubungan dengan besarnya daya *input* dari generator.

$$\omega = \frac{n.2\pi}{60} \quad (2.15)$$

$$K_e = \frac{Vdc}{\omega} \quad (2.16)$$

$$K_t = K_e \quad (2.17)$$

$$T = K_t \, x \, I \quad (2.18)$$

Keterangan :

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

K_e = Konstanta *Back- EMF* (Vs/rad)

K_t = Konstanta Torsi (Nm/A)

T = Torsi (Nm)

V_{dc} = Tegangan Dc (Volt)

Besarnya daya input sebuah generator bergantung pada kecepatan sudutnya. Besarnya kecepatan sudut ini biasanya didapatkan dari nilai kecepatan putar sebuah generator. Besarnya daya keluaran dari generator adalah senilai dari tegangan dan arusnya.

$$P = D^2L \, . \, (0.5\pi^2) K_w \, . \, N_s \, . \, B_g \, . \, ac \, . \, cos\varphi \quad (2.19)$$

Keterangan :

D = Diameter dalam Stator (m)

L = Tebal stator (m)

P = Daya (Watt)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

K_w = faktor Belitan

N_s = Kecepatan putar rotor (RPM)

B_g = Kerapatan Medan Magnet Pada Air gap (T)

ac = Kuat medan magnet (A/m)

$$P_{in} = \tau \times \omega \quad (2.20)$$

Keterangan:

P_{in} = daya masukan (Watt)

τ = torsi rotasi (Nm/rad)

ω = Kecepatan putar rotor (rad/s)

Terlihat jelas bahwa daya masukan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kecepatan dan torka(torsi). Semakin besar nilai kecepatan dan torsi maka semakin besar pula daya masukan yang didapatkan. Daya keluaran merupakan daya yang dihasilkan oleh generator berupa daya listrik. Untuk daya keluaran yang dihasilkan yaitu sebesar :

$$P_{out} = \sqrt{3}\ V_{ph} . I_{ph} . cos\varphi \quad (2.21)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya 3 *fasa* keluaran generator (Watt)

V_{ph} = Tegangan antar *fasa* (volt)

I_{ph} = Arus nominal 3*fasa* (A)

Sehingga bisa didapatkan *effisiensi* dengan rumus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} \times 100\% \quad (2.22)$$

Keterangan :

η = *Effisiensi* (%)

P_{out} = Daya 3 *fasa* keluaran generator (Watt)

P_{in} = Daya masukan (Watt)

2.3.8. Menghitung *Back*-EMF (*Electromotive Force*)

Back-EMF atau *self-induced* EMF atau GGL induksi adalah *Electromotive Force* (EMF) atau Gaya Gerak Listrik(GGL) yang diakibatkan oleh induksi magnet *Back* EMF bisa rejadi akibat adanya perubahan fluks magnet dalam suatu waktu tertentu. Tegangan yang dihasilkan akibat adanya perubahan fluks medan magnet. Besarnya *Back* EMF ini mengikuti hukum Faraday yaitu :

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} \quad (2.23)$$

Keterangan :

ε = Tegangan induksi (V)

$d\phi$ = perubahan *fluks linkage* (wb)

d_t = perubahan waktu (s)

N = jumlah lilittan

Faktor yang dapat menaikan tegangan yang diakibatkan fluks medan magnet yang dapat meningkatkan GGL yang dihasilkan melalui induksi magnet yaitu :

1. Meningkatkan medan magnet
2. Memperbanyak lilitan pada stator
3. Meningkatkan kecepatan putar

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

2.4. Lilitan (*Winding*) Pada PMSG

Jumlah lilitan pada stator PMSGr sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan. Melilit pada sebuah generator diharuskan melakukan perhitungan dan teknik melilit yang benar sehingga tegangan yang dihasilkan pun merupakan hasil yang paling baik. Untuk menentukan jumlah lilitan pada generator maka bisa didapat dari pesamaan berikut

$$N_{ph} = \frac{Eph}{4{,}44 \,.f\,.Kw\,.\phi} \tag{2.24}$$

Keterangan :

N_{ph} = jumlah lilitan per fasa

E_{ph} =Tegangan antar fasa (v)

F = frekuensi (Hz)

K_w = Faktor Belitan

ϕ = Fluks Magnet (Wb)

Teknik belitan atau *winding* pada generator untuk memperoleh nilai tegangan yang sesuai dengan kebutuhan. Tegangan yang dihasilkan haruslah paling tinggi dan harus mendekati gelombang sinusoidal yang sempurna. Setiap Slot pada stator harus terisi dengan belitan kumparan agar tetap memenuhi syarat suatu mesin listrik. Pada setiap slot bisa terisi dengan satu kumparan ataupun dua kumparan yang biasa disebut double layer winding dan single layer winding seperti terlihat pada gambar.

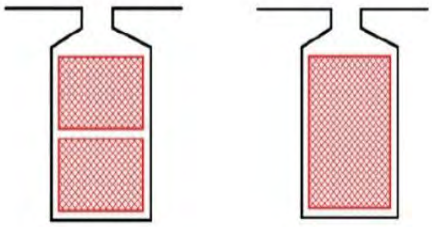
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

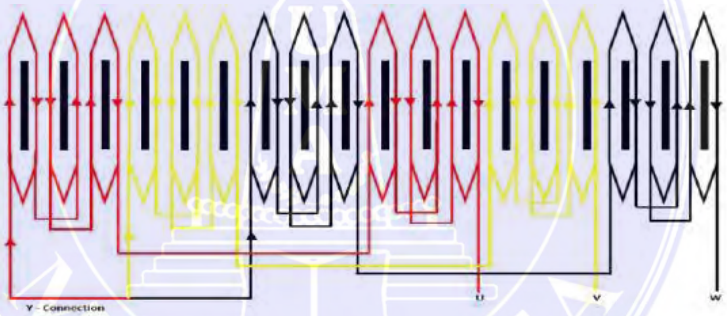
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22



Gambar 2. 3 slot pada stator PMSG

Sumber: (https://repository.usd.ac.id/7606/1/085114001_Full.pdf)

Terdapat dua teknik belitan yang dilakukan untuk melilit pada generator yaitu belitan secara *Concentrate* dan belitan secara Distributed. Belitan secara *Concentrate* merupakan belitan dimana satu gigi pada stator tersisi oleh satu kumparan.



Gambar 2. 4 Teknik belitan pada melilit PMSG

Sumber https://www.google.com/url?sa=i&url=2Fjournal.um.ac.id%2Findex.php)

Sedangkan belitan secara Distributed merupakan satus slot nya terdiri dari beberapa kumparan atau *double layer winding*. Dan pada belitan ini akan ada end turns yaitu lilitan yang sengaja dipanjangkan dan dibengkokan agar kumparan pada setiap slot dapat melewati satu sama lainnya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1.Tempat Dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan penelitian skripsi ini dilakukan sebagai mana berikut :

3.1.1. Tempat Penelitian

Tempat analisa modifikasi motor induksi menjadi *permanent magnet synchronous generator* dengan menggunakan *Finite Element Method* (FEM) berada di PT. Lentera Bumi Nusantara.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian skripsi ini dilaksanakan kurang lebih dari tiga bulan. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

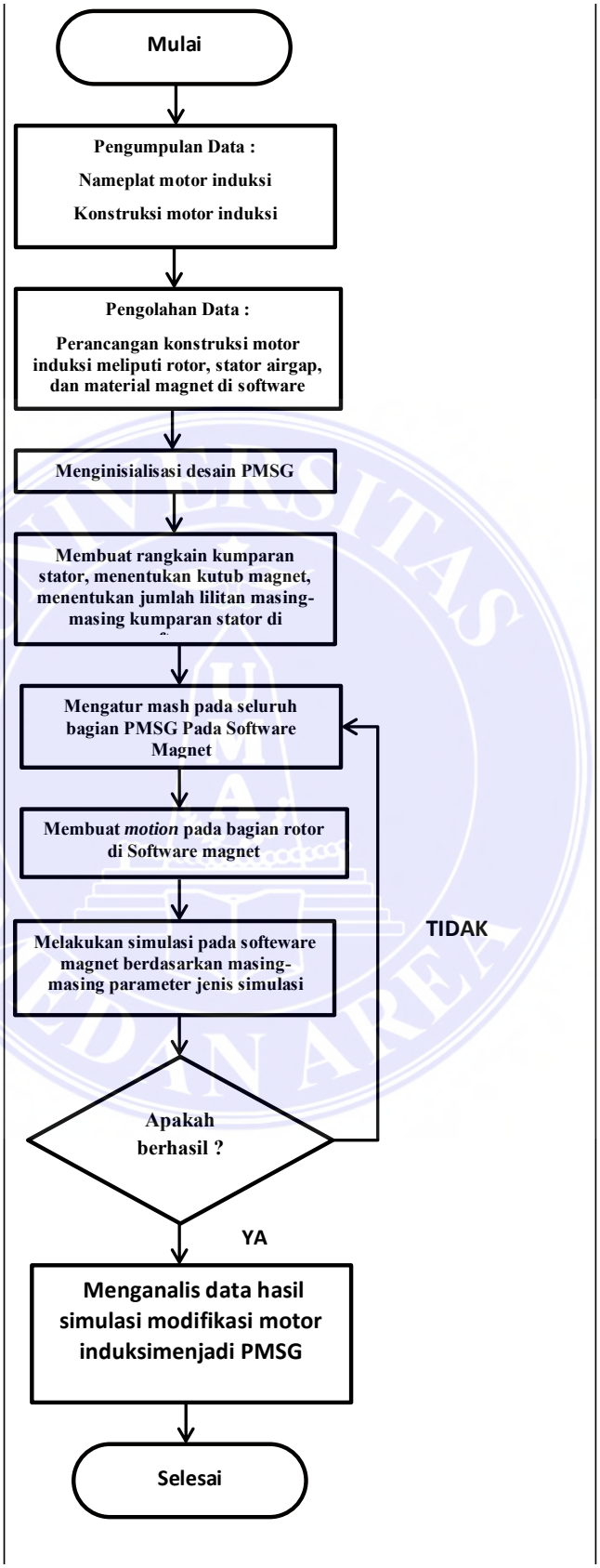
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Maret				April				Mei			
		Minggu Ke											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan												
2	Pengumpulan data												
3	Pemodelan dan desain												
4	Simulasi dan analisa												
5	Pengumpulan Data												
6	Penulisan Laporan Skripsi												

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3.2. Kerangka Berpikir



Gambar 3. 1 flowchart kerangka berpikir

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Keterangan *flowchart* :

1. Proses pengerjaan analisa penulisan ini dimulai ketika data-data yang dibutuhkan sebagai penunjang proses pengerjaan sudah lengkap, data tersebut merupakan data motor induksi satu fasa. Data yang dimaksud adalah sebagai berikut :
    a. *Nameplate* motor induksi
    b. Konstruksi motor induksi
2. Tahap berikutnya melakukan perancangan dan mendesain konstruksi rotor, stator,airgap, dan material magnet yang akan digunakan untuk memodifikasi motor induksi menjadi PMSG yang dilakukan di *software*.
3. Setelah menentukan konstruksi rotor, stator,airgap dan material magnet dilanjutkan menginisialisasi desain PMSG dengan memberi nama terhadap bagian-bagian yang dibuat di *software* magnet, hali ini bertujuan untuk menentukan material yang digunakan pada setiap bagian PMSG.
4. Membuat rangkaian kumparan stator bertujuan untuk menentukan jenis kumparan yang digunakan pada PMSG berupa kumparan distribudsi atau kumparan konsentrasi. Sekaligus bagaimana cara menghubungkan masing-masing kumparan dengan cara hubungan bintang atau hubungan segitiga serta menetukan arah lilitan, baik itu searah jarum jam atau juga berlawana arah jarum jam. Pada langkah ini juga di tentukan berapa banyak lilitan dan besar luas penampan pada kawat lilitan yang digunakakan pada masing maing kumparan. Selain menentukan pada kumparan di langkah ini juga di tentukan bagaimana arah kutub utara dan selatan pada magnet permanen dan juga menetukan banyak jumlah kutub magnet (*pole*) yang digunakan pada PMSG.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

5. Mengatur *mesh* pada desain PMSG yang telah dibuat pada bagian rotor, stator, magnet permanen, dan *air gap*. Dengan menentukan *mesh* pada bagian-bagian PMSG akan menentukan keakuratan dalam mendapatkan hasil simulasi dari *software* magnet. Semakin kecil mesh yang kita masukan semakin akurat hasil dari simulasi yang dilakukan, tetapi semakin lama proses simulasi dan membutuhkan perangat yang canggih.
6. Selanjutnya membuat motion pada bagian rotor untuk memutar PMSG. Parameter yang akan diatur berupa waktu per step putaran mekanikal, serta kecepatan putaran PMSG yang menghasilkan gelombang penuh berupa data tegangan, arus, torsi daya dan effisiensi pada PMSG.
7. Jika semua parameter diatas sudah dimasukkan, maka langkah selanjutnya melakuan Rangkaian simulasi yang dibuat meliputi rangkaian tanpa beban, rangkaian dengan berbeban (R). Pada tahap ini PMSG dirangkai dalam hubungan bintang-segitiga.
8. Selanjutnya analisa data hasil simulasi yang berupa pengaruh variasi pembebanan dan variasi kecepatan (rpm) terhadap *output* tegangan, arus, torsi, daya *output* dan effesiensi nya PMSG tersebut.
9. Setelah semua tahap diatas sudah selesai, maka selanjutnya menarik kesimpulan dari analisa yang sudah dibuat. Dengan demikian penulisan skripsi dinyatakan selesai.

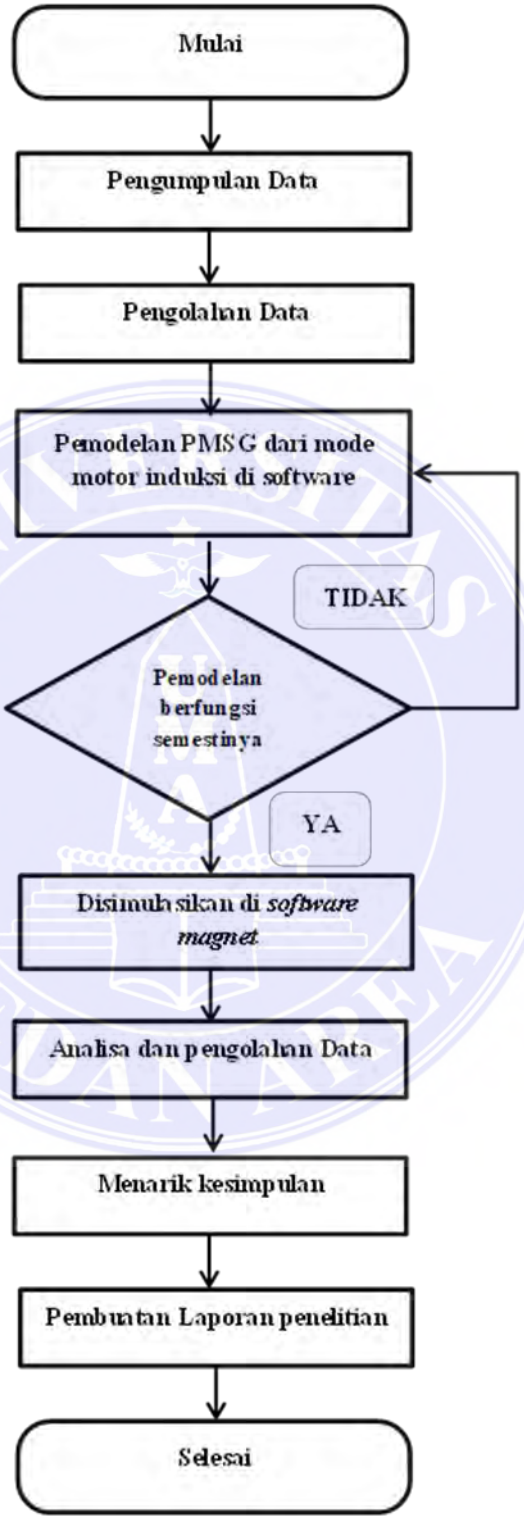
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3.3. *flowchart* Penulisan Skripsi



Gambar 3. 2 flowchart Penulisan Skripsi

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Keterangan *flowchart* :

1. penelitian analisa modifikasi ini dimulai ketika sudah memiliki data-data penunjang yang lengkap seperti *nameplate* motor induksi dan juga memiliki *literature* yang cukup sebagai dasar untuk pengerjaan tugas akhir ini.
2. Memasukkan data-data yang telah diperoleh ke dalam gambar pemodelan motor induksi untuk menjadi PMSG 3 *fasa*.
3. Pembuatan model motor induksi menjadi PMSG dengan menggunakan *software* magnet.
4. Pada *software* magnet, akan dilakukan pemasukan data-data kecepatan, material, pembebanan dan juga menentukan jumlah lilitan. Apabila data dapat di *input* dengan baik maka dapat dilanjutkan ke langkah selanjutnya, dan apabila belum mendapatkan hasil yang baik maka akan mengulangi lagi ke tahap 3 dengan pengecekan ulang pemodelan.
5. Selanjutnya melakukan pengambilan data dan menganalisa perhitungan dengan hasil-hasil data pada *software* magnet.
6. Melakukan penarikan kesimpulan dari keseluruhan hasil-hasil perhitungan dan simulasi dan juga perbandingan kecepatan dan pembebanan yang telah didapat.
7. Melakukan penulisan Laporan skripsi.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan oleh penulis untuk mencari data-data dalam melakukan proses penelitian terkait analisa modifikasi motor induksi menjadi *permanent magnet synchronous generator* tiga *fasa* dengan menggunakan *Finite Element Method* (FEM) adalah sebagai berikut.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3.4.1. Observasi Langsung

Melalui teknik ini data yang dibutuhkan terutama mengenai gambaran umum dari objek yang diamati, serta bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai modifikasi motor induksi menjadi *generator sinkron magnet permanen* sehingga dapat dilakukan analisis modifikasi motor induksi 1 *fasa.*

3.4.2. Wawancara

Pada awalnya dilakukan wawancara terbuka berdasarkan data motor induksi 1 fasa, dan bila perlu dilakukan wawancara metedeologi "Analisa modifikasi motor induksi menjadi *Permanent Magnet Synchronous Generator* tiga *fasa* dengan Menggunakan *Finite Element Method* (FEM).terhadap pembimbing skripsi, baik didalam wawancara terpisah maupun didalam grup diskusi terarah.

3.4.3. Studi Literatur

Studi Literatur ditujukan untuk mendapatkan teori-teori yang akan dijadikan penelitian studi ini. Studi ini meliput tentang pemahaman teori dan konsep serta metode yang cocok untuk membentuk kerangka berfikir agar penelitian ini bersifat logis dan terarah. Literatur bisa berupa buku, jurnal, serta karya ilmiah melalui inernet serta media massa yang berkaitan dengan penulisan laporan ini.

3.5. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu menggunakan software Magnet Infolytica simulasi yang dilakukan berupa memodifikasi motor induksi 1 fasa.

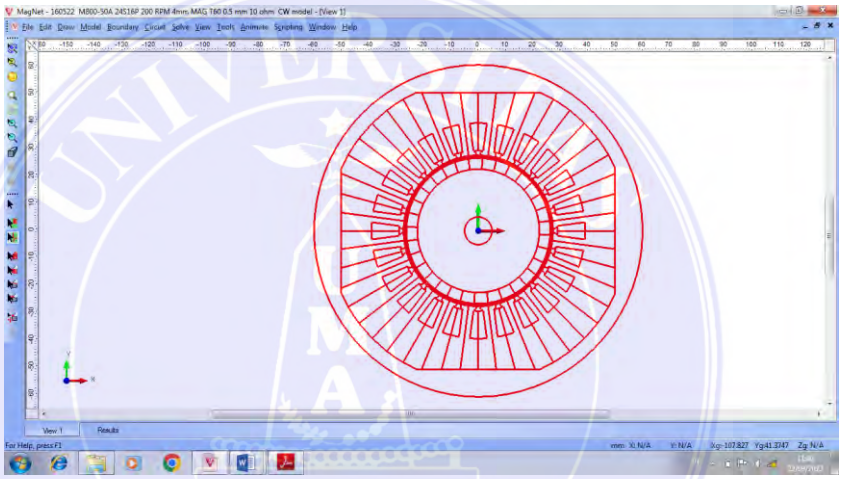
UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3.6. Langkah-Langkah Simulasi Modifikasi PMSG pada Software Maget

Adapun langkah-langkah yang dilakukann untuk melaukan simulasi pada software magnet adalah sebagai berikut:

3.6.1. Mendesain Geometri PMSG

Setelah mendaatkan hasil pengukran pada motor iduksi, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mendesain model geometri PMSG yang sesuia dengan model geometri motor induksi.



Gambar 3. 3 Desain Geometri 2D di software magnet

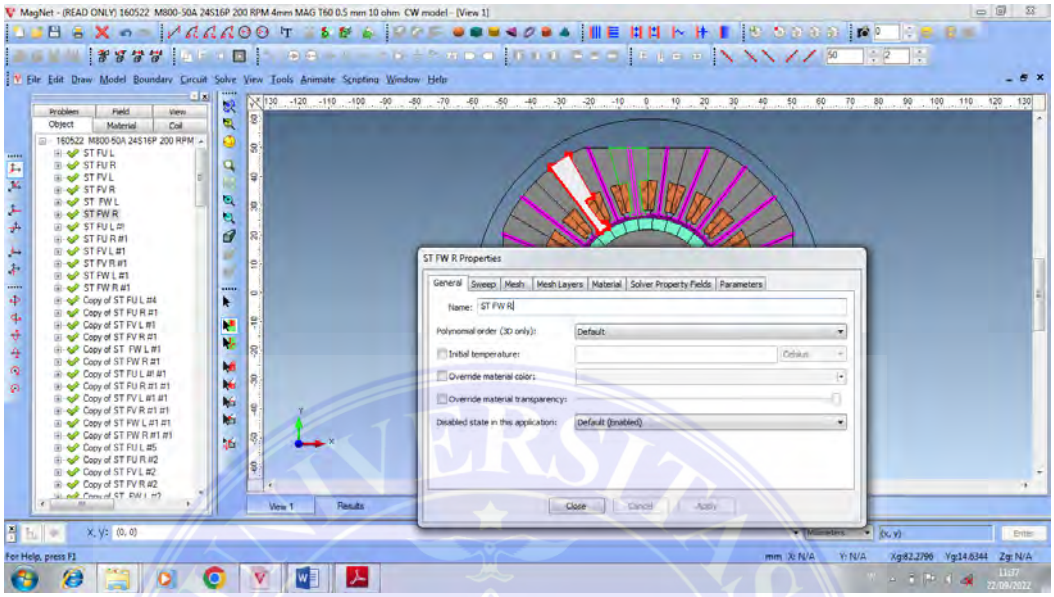
Adapun pada gambar model geometri 2D PMSG terdiri dari Air box, stator, Air Gap, magnet dan inti rotor. Ukuran dan bentuk dimensi sesuai dengan model motor induksi agar hasil simulasi sesuai dengan yang diharakan.

3.6.2. Menginisialisasi Desain PMSG

Setelah mendesain geometri PMSG di software magnet, selanjunya memasukkan beberapa parameter mulai dari nama komponen, jenis material, dan maksimum *element mesh*. Hal yang dilakuka pertama kali untuk menginisialisasi adalah *select construction slice surfaces* pada *tollbar*, selanjutnya pilih bagia desain yang ingin di inisialisasi dengan cara mengklik pada model, selanjutya

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

pilih *make component in a line* pada *tollbar*, kenudian akan muncul seperti pada gambar kmudian masukkan parameter-parameter yang sesuai.



Gambar 3. 4 Menginisialisasikan setiap komponen PMSG

3.6.3. Mengatur Parameter kumparan pada PMSG

Agar nilai hasil *output* simulasi suai dengan yang di harapkan maka parameter di kumparan haarus di tentukan, mulai dari jumlah lilitan, besar luas penampang tembaga dan arah lilitan.

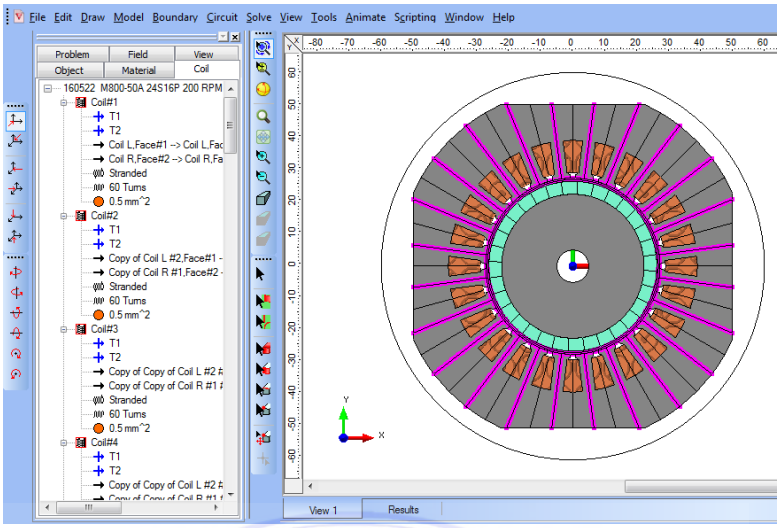
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

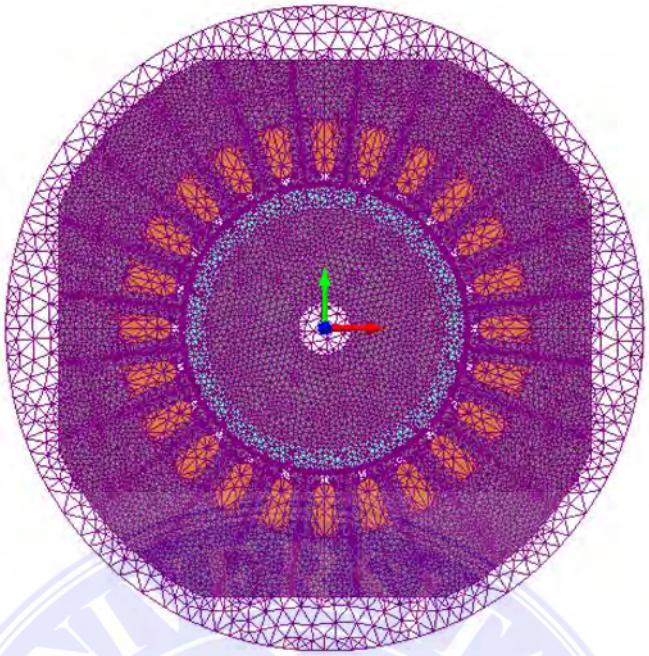


Gambar 3. 5 Mengatur parameter kumpara

3.6.4. Mengatur *Mesh* Pada PMSG

Metode *mesh* adalah metode yang membagi-bagi setiap bagian peampang melintang pada analisa 2D menjadi area area kecil yang di sebut *finite element method*. Pengaturan setiap mesh berbeda-beda. Pada bagian inti stator, inti rotor, magnet permanen menggunakan mesh 1mm. Sedagkan Air box menggunakan mesh 3mm dan air gap mengunakan mesh 0.5 mm. Semakin kecil penampang melintang di bagi semakin akurat pula perihutangannya tetapi membutuhkan waktu simulasi yang sangat lama.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22



Gambar 3. 6 Tampilan Tititk *Mash* di Model PMSG

3.6.5. Mengatur Parameter *Motion* pada Rotor

Pembuatan motion digunakan untuk mengatur bagaimana mana saja akan di putar dengan kecepatan dan waktu di tentukan. Bagian-bagian yang di atur unntuk berputar pada *motion* ini adalah bagian rotor(inti rotor, magnet permanen celah udara pada rotor dan *sharf*). Untuk simulasi PMSG pada piliha source type memilih velocity driven.

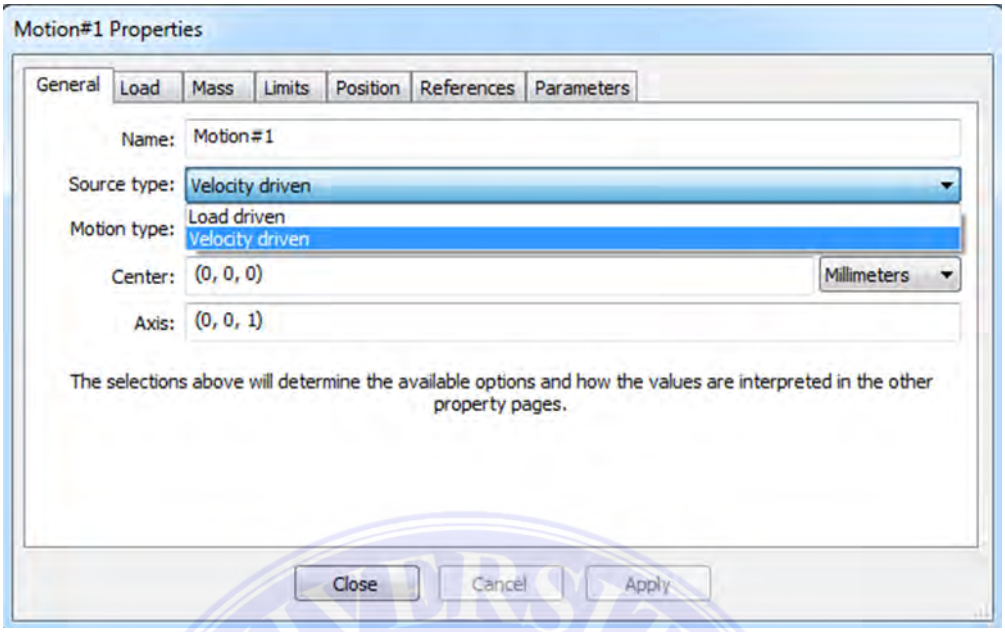
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22



Gambar 3. 7 Mengatur kecepatan rotor di *motion*

3.6.6. Pengaturan Parameter kecepatan sudut rotor

Pada simulasi akan dicoba berbagai variasi kecepatan sudut. Parameter-parameter yang diatur dalam simulsi ini adalah kecepatan sudut rotor (ω), dan waktu. Kecepatan yang akan dicoba dalam simulasi ini adalah kecepatan pada 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm, 350 rpm, 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm. Rotor merupakan bagian dari generator yang berputar. Rotor akan berputar sebesar 360˚ untuk sekali putaran. Kecepatan putar dalam satuan rpm (*rotation per minute)* artinya dalam satu menit rotor akan berputar satu kali, lalu akan diubah dalam satuan *degree per second* dimana dalam satu detik rotor akan berputar sebesar 360˚, dengan persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$\omega = \frac{n.2\pi}{60}$$

maka:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

$$\omega_{(200)} = \frac{200.2.3,14}{60} = 1200 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(300)} = \frac{300.2.3,14}{60} = 1800 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(350)} = \frac{350.2.3,14}{60} = 2100 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(400)} = \frac{400.2.3,14}{60} = 2400 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(500)} = \frac{500.2.3,14}{60} = 2700 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(600)} = \frac{600.2.3,14}{60} = 3000 \text{ dec/s}$$

$$\omega_{(700)} = \frac{700.2.3,14}{60} = 3300 \text{ dec/}$$

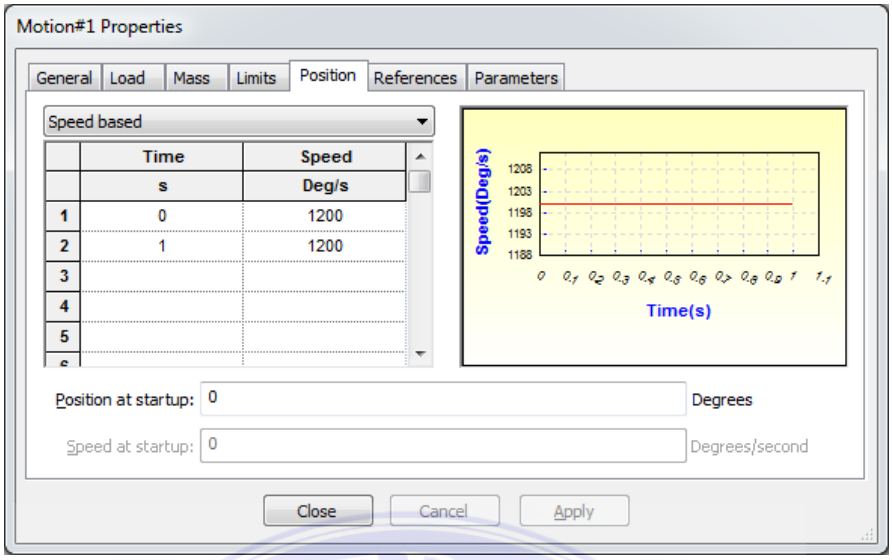
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

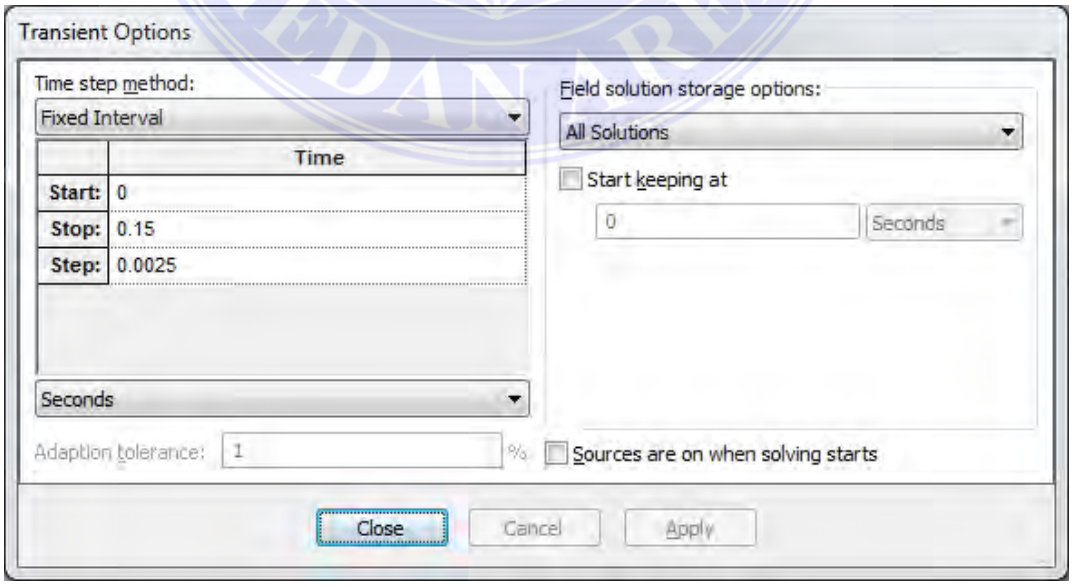


Gambar 3. 8 mengatur posisi sudut *anggle* di *motion*

Karena pada penelitian ini PMSG disimulasikan untuk mendapatkan 4 gelombang penuh dengan 60 step putaran, maka :

Waktu untuk 60 step putaran = 60 step x 0,0025 sec = 0,15 sec

Setelah mendapatkan data-data waktu putaran, maka selanjutnya memasukkan nilai-nilai tersebut pada *Tab Option* untuk *Motion* pada Gambar 3.8 dan menu *Transient Option* pada Gambar 3.9 .

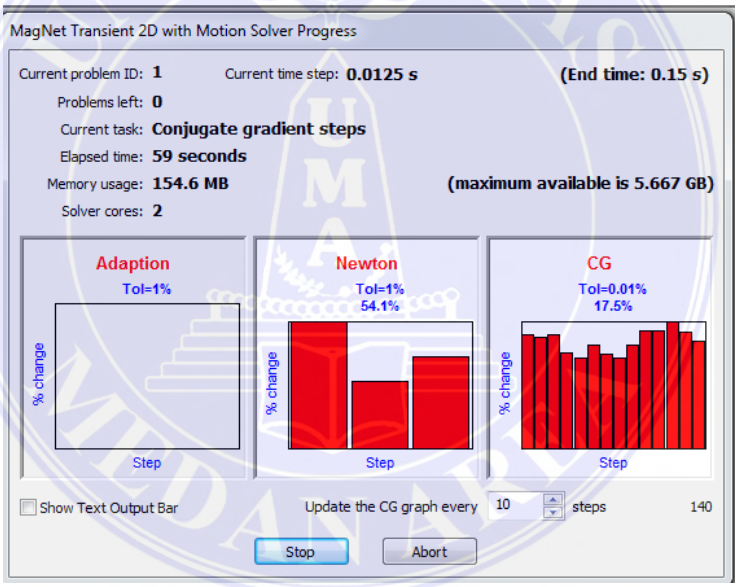


Gambar 3. 9 mengatur kecepatan putar rotor

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3.6.7. Solved pada simulasi software magnet

Setelah mendesain Permanen magnet synchronous Generator dan semua parameter diatur pada perangkat lunak *MagNet,* maka proses selanjutnya adalah memulai simulasi. Gambar merupakan proses simulasi pada *software MagNet.* Akhir dari proses simulasi yang dilakukan adalah ketika waktu untuk melakukan putaran telah disimulasikan semua, yaitu pada simulsi ini adalah ketika waktu 0,15 *sec* untuk melakukan 60 step putaran telah selesai disimulasikan, maka hasil dari simulasi adalah berupa data-data pada generator sinkron magnet permanen.



Gambar 3. 10 Tampilan proses *solving*

3.6.8. Data Motor Induksi

Data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian ini agar dapat melanjutkan proses pendesainan dan perancangan modifikasi motor induksi menjadi PMSG dibutuhkan secara jelas spesifikasi dan dimensi geometri dari motor induksi yang akan di modifikasi. Gambar 3.11 adalah nameplate motor

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

induksi model P-H137AC yang merupakan bahan motor pompa air bekas yang akan dilakukan modifikasi.

Gambar 3. 11 Gambar *Nameplat* pada motor induksi 1 fasa

Kemudian data spesifikasi motor pompa air yang akan digunakan untuk modifikasi adalah sebagai berikut :

a. Daya Input : 125 Watt
b. Frekuensi : 50 Hz
c. Arus Output : 1,55 Ampere
d. Tegangan Input : 220 Volt
e. Kecepatan putar rotor : 2800/46,7 RPM/RPS
f. Phasa : 1 phasa
g. Tipe : Model P-H137AC

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, hasil pengukuran dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian desain modifikasi generator sinkron magnet permanen ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. pada perancangan dari hasil pemodelan *Permanent Magnet Synchronus Generator* (PMSG) yang dilakukan mempunyai spesifikasi 24 *slot* 16 *pole*, slot dengan diameter kawat tembaga 0.5 mm serta lilitan tiap *coil* yaitu 60 lilitan, dengan jumlah 16 buah magnet jenis *neodymium N35*, serta bahan dari stator dan rotor menggunakan M800-50A *steel* dengan ketebalan bahan rotor dan stator yaitu 42,4 mm mendapatkan hasil performa tertinggi di kecepatan 700 Rpm pada beban 30 Ω dengan mendapatkan tegangan 82.9 Vdc, arus sebesar 2.8 A dan daya output yaitu 313,24 Watt dengan effisiensi mencapai 79 %.
2. Adapu Hubugan antar kumparan pada setiap slot dapat di lihat pada tabel di bawahini.

Yang di hubungkan secara seri per phasa nya dan menggunakan hubungan delta dengan arah lilitan pada slot searah jarum jam. Rangkaian windingnya dapat di lihat pada gambar 4.5

CW	U	V	W
Slot	#1#4#7#10#13 #16#19#22	#2,#5,#8,#11,#14, #17,#20,#23	#3,#6,#9,#12, #15,#18,#21,#24

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22
Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

3. Variasi pembebanan dan kecepatan berpengaruh pada tegangan, arus, torsi, daya input, daya output, dan effisiensi yang dihasilkan generator sinkron magnet permanen. Ketika generator diberi beban 5 Ω pada kecepatan 200- 700 rpm tegangan semakin naik dan arus turun pada saat 200 rpm diberi beban 5 Ω, 10 Ω, 20 Ω, 30 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω sehingga berpengaruh terhadap effisiensinya.

5.2. Saran

Dalam skripsi ini diberikan saran agar dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Menggunakan rangka stator core/jangkar dan rotor core yang lebih besar agar dapat menentukan jumlah lilitan yang lebih banyak dan ukuran kawat tembaga yang cukup untuk mendapatkan nilai arus yang lebih besar dan menghindari kesalahan pada pengukuran dan pendesainan.

2. Agar lebih teliti lagi untuk menginisialisasi kan seiap bagian-bagian pada PMSG, dan juga mencek kembali titik-titik mash pada inti stator dan rotor.

3. Pada penelitian selanjutnya agar membuat bentuk fisik PMSG dalam penelitian ini agar dapat di bandingkan antara simulasi dengan pengujian dari PMSG ini.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Daftar Pustaka

Chapman, J.(2012). *Electric Machinery Fundamentals*.Australia. McGraw-Hill.

Fitzgerald, A.E. Kingsley, C., and Umans, S.D.,(200. *Electric Mechinery*, *6th edition*. McGraw-Hill. New York.

Hanselmen, D.C., 2006, *Brushless Permanent Magnet Motor Design, Second Edition,* Magna Physics Publishing, Motorsoft Division of Fisher Electric Technology. Ohio, USA

Hendershot, J.R. and Miller, TJE.(1994). *Design Of Brushless Permanent-Magnet Motors*. Oxford : Magna Physics Publishing and Clarendo Press.

Kenjo, T and Nagamori, S.(1985). *Permanent-Magnet and Brushless DC Motors*. Oxford : Clarendo Press.

Rosidah Nur. (2020). *Analisis Pemodelan Modifikasi Motor Induksi 0,75kw 3 Fasa Menjadi Permanent Magnet Synchronous Generator (Pmsg) 24 Slot 16 Pole*. (Skripsi, Politeknik Negeri Malang, 2020).

Sidik Nugroho. "Desain Generator Magnet Permanen RPM Rendah dengan Memanfaatkan Motor Kipas" Publikasi Ilmiah FT UMS. 2016.

Umami Irsyadul, Nrartha Ari dan Zubaidah Teti.(2015*). Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Jenis Neodymium Iron Boron Untuk PLTB Daya 500 Watt Menggunakan Perangkat Lunak MagNet Infolytica*.7.

Induksi elektromagnetik.(2021). Diakses pada 12 Desember 2021, Dari

https://www.denpendiosdikan.co.id/induksi-elektromagnetik/.

Pengertian generator.(2014). Diakses pada 10 januari 2022. Dari

http://pengertianahli.id/2014/04/pengertian-generator-apa-itu-generator.html

https://www.studiobelajar.com/induksielektromagnetik/

Document Accepted 19/12/22

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Lampiran

Tabel 200 rpm

				5 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	13,60277	0	
2	0,0025	10,51432	2,102863	-3,74247	78,38207	22,11017	
3	0,005	15,52663	3,105326	-4,24597	88,9274	48,21524	
4	0,0075	16,34905	3,269811	-4,67081	97,82524	53,45831	
5	0,01	16,07462	3,214923	-4,13045	86,50785	51,67865	
6	0,0125	17,06047	3,412094	-4,83683	101,3024	58,21193	
7	0,015	16,83902	3,367804	-4,82065	100,9635	56,71052	
8	0,0175	15,611	3,1222	-4,37752	91,68261	48,74067	
9	0,02	16,42408	3,284816	-4,62598	96,88622	53,95007	
10	0,0225	16,09359	3,218718	-4,08919	85,64376	51,80071	
11	0,025	16,56038	3,312077	-4,68219	98,06364	54,84926	
12	0,0275	16,66938	3,333876	-4,65322	97,45686	55,57364	
13	0,03	15,46108	3,092215	-4,24749	88,95918	47,80898	
14	0,0325	16,35878	3,271756	-4,67023	97,81308	53,52195	
15	0,035	15,98868	3,197736	-4,07065	85,25549	51,12757	
16	0,0375	16,63951	3,327903	-4,71756	98,80435	55,37469	
17	0,04	16,66823	3,333645	-4,66091	97,61795	55,56595	
18	0,0425	15,48908	3,097815	-4,27905	89,62025	47,98229	
19	0,045	16,39289	3,278578	-4,54184	95,12415	53,74538	0,56
20	0,0475	15,99759	3,199518	-3,94647	82,65472	51,18457	
21	0,05	16,6279	3,32558	-4,70011	98,43885	55,29742	
22	0,0525	16,5945	3,3189	-4,66762	97,75832	55,0755	
23	0,055	15,53267	3,106535	-4,3032	90,12598	48,25278	
24	0,0575	16,36895	3,273791	-4,5454	95,19857	53,58852	
25	0,06	16,04128	3,208255	-3,99468	83,66434	51,46452	
26	0,0625	16,65287	3,330574	-4,64808	97,34912	55,46362	
27	0,065	16,61766	3,323533	-4,57133	95,74171	55,22936	
28	0,0675	15,53223	3,106445	-4,20927	88,15864	48,25001	
29	0,07	16,31317	3,262634	-4,60883	96,52717	53,22389	
30	0,0725	16,05226	3,210451	-4,03204	84,44685	51,53499	
31	0,075	16,6301	3,326019	-4,69944	98,42492	55,31203	
32	0,0775	16,66579	3,333157	-4,65625	97,52029	55,54968	
33	0,08	15,55517	3,111034	-4,31851	90,44662	48,39267	
34	0,0825	16,33625	3,267249	-4,56717	95,65458	53,37459	
35	0,085	16,07007	3,214014	-3,98397	83,43997	51,64943	
36	0,0875	16,56583	3,313165	-4,70786	98,6012	54,88532	
37	0,09	16,65657	3,331315	-4,74507	99,38048	55,4883	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

38	0,0925	15,48677	3,097353	-4,34217	90,9422	47,96798	
39	0,095	16,37666	3,275332	-4,61822	96,72381	53,639	
40	0,0975	16,07606	3,215212	-4,09123	85,68657	51,68795	
41	0,1	16,57682	3,315364	-4,68664	98,15684	54,95818	
42	0,1025	16,67543	3,335086	-4,65659	97,5273	55,614	
43	0,105	15,46712	3,093425	-4,24922	88,9955	47,84638	
44	0,1075	16,36113	3,272225	-4,67062	97,82132	53,53728	
45	0,11	15,98954	3,197909	-4,07057	85,25381	51,13311	
46	0,1125	16,63877	3,327755	-4,71736	98,80012	55,36975	0,56
47	0,115	16,66795	3,333591	-4,66076	97,6147	55,56413	
48	0,1175	15,4888	3,097759	-4,27897	89,61856	47,98055	
49	0,12	16,39278	3,278557	-4,54183	95,12377	53,74467	
50	0,1225	15,99755	3,19951	-3,94648	82,6548	51,18431	
51	0,125	16,62794	3,325588	-4,70012	98,43905	55,29768	
52	0,1275	16,59451	3,318903	-4,66762	97,75847	55,07558	
53	0,13	15,53269	3,106537	-4,3032	90,12606	48,25287	
54	0,1325	16,36896	3,273792	-4,5454	95,19858	53,58856	
55	0,135	16,04128	3,208256	-3,99468	83,66433	51,46453	
56	0,1375	16,65287	3,330574	-4,64808	97,34911	55,46361	
57	0,14	16,61766	3,323533	-4,57133	95,7417	55,22935	
58	0,1425	15,53223	3,106445	-4,20926	88,15864	48,25	
59	0,145	16,31317	3,262634	-4,60883	96,52717	53,22389	
60	0,1475	16,05226	3,210451	-4,03204	84,44685	51,53499	
61	0,15	16,6301	3,326019	-4,69944	98,42492	55,31203	

				10 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	13,60277	0	
2	0,0025	16,77054	1,677054	-3,22075	67,45532	28,1251	
3	0,005	21,3916	2,13916	-2,99768	62,78328	45,76004	
4	0,0075	20,30277	2,030277	-3,27282	68,54573	41,22025	
5	0,01	19,01211	1,901211	-2,88091	60,33764	36,14603	
6	0,0125	21,0517	2,10517	-3,24598	67,98371	44,3174	
7	0,015	19,83306	1,983306	-3,28019	68,70014	39,33503	
8	0,0175	21,86043	2,186043	-3,02297	63,31289	47,78786	0,64
9	0,02	20,21393	2,021393	-3,35803	70,33038	40,86031	
10	0,0225	19,36555	1,936555	-3,03781	63,6238	37,50244	
11	0,025	21,21382	2,121382	-3,23868	67,83082	45,0026	
12	0,0275	19,85808	1,985808	-3,19597	66,93622	39,43434	
13	0,03	21,85618	2,185618	-2,93606	61,49271	47,76926	
14	0,0325	20,18935	2,018935	-3,41569	71,53802	40,76097	
15	0,035	19,27607	1,927607	-3,02394	63,3333	37,15669	
16	0,0375	21,29832	2,129832	-3,26444	68,37031	45,36184	
17	0,04	19,84546	1,984546	-3,20094	67,04028	39,38423	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

18	0,0425	21,87409	2,187409	-2,96361	62,06962	47,84756	
19	0,045	20,20932	2,020932	-3,28233	68,7449	40,84165	
20	0,0475	19,26342	1,926342	-2,90293	60,79874	37,10794	
21	0,05	21,25077	2,125077	-3,24791	68,02404	45,15951	
22	0,0525	19,77708	1,977708	-3,21578	67,35116	39,11331	
23	0,055	21,95158	2,195158	-2,98686	62,55674	48,1872	
24	0,0575	20,17958	2,017958	-3,29226	68,95292	40,72156	
25	0,06	19,30082	1,930082	-2,95363	61,86075	37,25215	
26	0,0625	21,22408	2,122408	-3,18395	66,68454	45,04616	
27	0,065	19,78793	1,978793	-3,10941	65,12332	39,1562	
28	0,0675	21,90922	2,190922	-2,89069	60,54256	48,00139	
29	0,07	20,12286	2,012286	-3,36087	70,38986	40,49293	
30	0,0725	19,35564	1,935564	-2,98687	62,55686	37,46408	
31	0,075	21,15124	2,115124	-3,23104	67,67068	44,73752	
32	0,0775	19,84637	1,984637	-3,18281	66,66062	39,38783	
33	0,08	21,90416	2,190416	-2,98977	62,61753	47,97921	
34	0,0825	20,15055	2,015055	-3,31297	69,38672	40,60446	
35	0,085	19,35188	1,935188	-2,93397	61,44883	37,44952	
36	0,0875	21,10805	2,110805	-3,25211	68,11204	44,55497	
37	0,09	19,84187	1,984187	-3,27578	68,60783	39,36999	0,64
38	0,0925	21,82058	2,182058	-3,01883	63,22629	47,61376	
39	0,095	20,20784	2,020784	-3,35622	70,29253	40,83568	
40	0,0975	19,35843	1,935843	-3,0367	63,60058	37,47489	
41	0,1	21,21255	2,121255	-3,23854	67,82786	44,99723	
42	0,1025	19,85789	1,985789	-3,19605	66,93791	39,43356	
43	0,105	21,85694	2,185694	-2,93614	61,49435	47,77257	
44	0,1075	20,18946	2,018946	-3,41572	71,53875	40,76144	
45	0,11	19,27621	1,927621	-3,02396	63,33375	37,15721	
46	0,1125	21,29834	2,129834	-3,26444	68,37037	45,36195	
47	0,115	19,84546	1,984546	-3,20094	67,04025	39,38424	
48	0,1175	21,87407	2,187407	-2,9636	62,06959	47,8475	
49	0,12	20,20932	2,020932	-3,28233	68,74488	40,84165	
50	0,1225	19,26342	1,926342	-2,90293	60,79873	37,10793	
51	0,125	21,25077	2,125077	-3,24791	68,02404	45,15951	
52	0,1275	19,77708	1,977708	-3,21578	67,35116	39,11331	
53	0,13	21,95158	2,195158	-2,98686	62,55675	48,18721	
54	0,1325	20,17958	2,017958	-3,29226	68,95292	40,72156	
55	0,135	19,30082	1,930082	-2,95363	61,86075	37,25215	
56	0,1375	21,22408	2,122408	-3,18395	66,68454	45,04616	
57	0,14	19,78793	1,978793	-3,10941	65,12332	39,1562	
58	0,1425	21,90922	2,190922	-2,89069	60,54256	48,00139	
59	0,145	20,12286	2,012286	-3,36087	70,38986	40,49293	
60	0,1475	19,35564	1,935564	-2,98687	62,55686	37,46408	
61	0,15	21,15125	2,115125	-3,23104	67,67068	44,73752	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

				15 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	13,60277	0	
2	0,0025	21,36252	1,424168	-2,83594	59,39588	30,42383	
3	0,005	24,26166	1,617444	-2,27829	47,71643	39,24187	
4	0,0075	21,73705	1,449136	-2,68794	56,29617	31,49995	
5	0,01	22,42791	1,495194	-2,27459	47,63881	33,53407	
6	0,0125	22,96878	1,531252	-2,55837	53,5823	35,171	
7	0,015	20,84	1,389333	-2,69642	56,47361	28,95371	
8	0,0175	24,82278	1,654852	-2,32266	48,64565	41,07801	
9	0,02	21,24703	1,416469	-2,67264	55,9756	30,09576	
10	0,0225	22,35995	1,490663	-2,36843	49,60427	33,33116	
11	0,025	23,10186	1,540124	-2,54094	53,21741	35,57971	
12	0,0275	20,82516	1,388344	-2,61494	54,76709	28,91248	
13	0,03	24,81201	1,654134	-2,23767	46,86566	41,0424	
14	0,0325	21,19882	1,413255	-2,7287	57,14982	29,95933	
15	0,035	22,26155	1,484104	-2,35878	49,40226	33,03845	
16	0,0375	23,1873	1,54582	-2,56359	53,69174	35,8434	
17	0,04	20,81783	1,387855	-2,62238	54,92295	28,89214	
18	0,0425	24,94342	1,662894	-2,26902	47,52228	41,47827	
19	0,045	21,20632	1,413755	-2,59857	54,42438	29,98054	
20	0,0475	22,29297	1,486198	-2,24339	46,98548	33,13178	
21	0,05	23,11522	1,541015	-2,55001	53,40725	35,62089	
22	0,0525	20,7956	1,386373	-2,64359	55,3672	28,83047	
23	0,055	25,03044	1,668696	-2,28916	47,94407	41,7682	
24	0,0575	21,18547	1,412365	-2,61285	54,72347	29,92162	
25	0,06	22,33291	1,488861	-2,29187	48,00085	33,2506	
26	0,0625	23,0664	1,53776	-2,48511	52,04794	35,4706	
27	0,065	20,80803	1,387202	-2,5373	53,14105	28,86493	
28	0,0675	25,01464	1,667643	-2,19716	46,01711	41,71548	
29	0,07	21,1562	1,410413	-2,68759	56,28884	29,83899	
30	0,0725	22,39813	1,493209	-2,32345	48,6623	33,44508	
31	0,075	22,99426	1,532951	-2,53424	53,0771	35,24906	0,65
32	0,0775	20,86587	1,391058	-2,60609	54,58172	29,02565	
33	0,08	24,9965	1,666433	-2,29406	48,04662	41,65501	
34	0,0825	21,20318	1,413545	-2,63852	55,26108	29,97166	
35	0,085	22,3776	1,49184	-2,26935	47,52925	33,3838	
36	0,0875	22,96527	1,531018	-2,55812	53,57723	35,16024	
37	0,09	20,83992	1,389328	-2,69672	56,47988	28,95347	
38	0,0925	24,82065	1,65471	-2,3226	48,64438	41,07098	
39	0,095	21,24699	1,416466	-2,67249	55,97252	30,09564	
40	0,0975	22,35878	1,490585	-2,36831	49,6017	33,32766	
41	0,1	23,10179	1,540119	-2,54094	53,21733	35,57952	
42	0,1025	20,82516	1,388344	-2,61494	54,76727	28,91248	
43	0,105	24,81196	1,65413	-2,23767	46,86562	41,04221	
44	0,1075	21,19882	1,413255	-2,7287	57,14974	29,95932	
45	0,11	22,26152	1,484101	-2,35878	49,40218	33,03836	
46	0,1125	23,1873	1,54582	-2,56359	53,69173	35,8434	
47	0,115	20,81783	1,387855	-2,62238	54,92296	28,89214	
48	0,1175	24,94342	1,662894	-2,26902	47,52227	41,47827	
49	0,12	21,20632	1,413755	-2,59857	54,42437	29,98054	
50	0,1225	22,29297	1,486198	-2,24339	46,98548	33,13177	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

51	0,125	23,11522	1,541015	-2,55001	53,40725	35,62089	
52	0,1275	20,7956	1,386373	-2,64359	55,3672	28,83047	
53	0,13	25,03044	1,668696	-2,28916	47,94407	41,7682	
54	0,1325	21,18547	1,412365	-2,61285	54,72347	29,92162	
55	0,135	22,33291	1,488861	-2,29187	48,00085	33,2506	
56	0,1375	23,0664	1,53776	-2,48511	52,04794	35,4706	0,65
57	0,14	20,80803	1,387202	-2,5373	53,14104	28,86493	
58	0,1425	25,01464	1,667643	-2,19716	46,01711	41,71548	
59	0,145	21,1562	1,410413	-2,68759	56,28884	29,83899	
60	0,1475	22,39813	1,493208	-2,32345	48,6623	33,44507	
61	0,15	22,99426	1,532951	-2,53424	53,0771	35,24906	

				30 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	13,60277	0	
2	0,0025	29,08377	0,969459	-2,13716	44,76057	28,19552	
3	0,005	26,27599	0,875866	-1,24836	26,1456	23,01425	
4	0,0075	22,89168	0,763056	-1,99872	41,86101	17,46764	
5	0,01	28,92807	0,964269	-1,46454	30,67331	27,89443	
6	0,0125	24,0668	0,802227	-1,68076	35,2017	19,30702	
7	0,015	24,39694	0,813231	-1,9724	41,30978	19,84036	
8	0,0175	26,69619	0,889873	-1,30873	27,40999	23,75622	
9	0,02	22,83352	0,761117	-2,03316	42,5824	17,37899	
10	0,0225	28,81719	0,960573	-1,57059	32,89426	27,68102	
11	0,025	24,43484	0,814495	-1,66707	34,915	19,90205	
12	0,0275	24,53237	0,817746	-1,8886	39,55473	20,06124	
13	0,03	26,77528	0,892509	-1,22709	25,70022	23,89719	
14	0,0325	22,6765	0,755883	-2,08964	43,76526	17,14078	
15	0,035	28,86483	0,962161	-1,57441	32,97447	27,77262	0,62
16	0,0375	24,42398	0,814133	-1,68269	35,24225	19,88437	
17	0,04	24,65924	0,821975	-1,89862	39,76461	20,26928	
18	0,0425	26,78864	0,892955	-1,25106	26,20224	23,92104	
19	0,045	22,59662	0,753221	-1,94681	40,77399	17,02024	
20	0,0475	29,00091	0,966697	-1,45669	30,50879	28,0351	
21	0,05	24,17553	0,805851	-1,66768	34,92783	19,48187	
22	0,0525	24,68278	0,822759	-1,92939	40,40895	20,30799	
23	0,055	26,69183	0,889728	-1,26147	26,42011	23,74845	
24	0,0575	22,66686	0,755562	-1,96475	41,14957	17,12621	
25	0,06	29,14794	0,971598	-1,49856	31,38568	28,32008	
26	0,0625	23,95478	0,798493	-1,59563	33,41871	19,12771	
27	0,065	24,54052	0,818017	-1,82338	38,18876	20,07458	
28	0,0675	26,62206	0,887402	-1,17077	24,52047	23,62447	
29	0,07	22,74909	0,758303	-2,04481	42,82641	17,25071	
30	0,0725	29,01363	0,967121	-1,52018	31,83851	28,05969	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

31	0,075	24,01199	0,8004	-1,65249	34,60963	19,2192	
32	0,0775	24,44051	0,814684	-1,88978	39,57941	19,91128	
33	0,08	26,68604	0,889535	-1,26787	26,55423	23,73816	
34	0,0825	22,85931	0,761977	-1,99784	41,84269	17,41826	
35	0,085	28,91495	0,963832	-1,46487	30,68021	27,86915	
36	0,0875	24,08086	0,802695	-1,68152	35,21768	19,32959	
37	0,09	24,40505	0,813502	-1,97283	41,31879	19,85355	
38	0,0925	26,69548	0,889849	-1,3087	27,40926	23,75495	
39	0,095	22,83359	0,76112	-2,03316	42,58246	17,37909	
40	0,0975	28,81719	0,960573	-1,57059	32,89426	27,68101	
41	0,1	24,43484	0,814495	-1,66707	34,915	19,90205	
42	0,1025	24,53237	0,817746	-1,8886	39,55473	20,06124	
43	0,105	26,77528	0,892509	-1,22709	25,70022	23,89719	
44	0,1075	22,6765	0,755883	-2,08964	43,76526	17,14078	
45	0,11	28,86483	0,962161	-1,57441	32,97447	27,77262	0,62
46	0,1125	24,42398	0,814133	-1,68269	35,24225	19,88437	
47	0,115	24,65924	0,821975	-1,89862	39,76461	20,26928	
48	0,1175	26,78864	0,892955	-1,25106	26,20224	23,92104	
49	0,12	22,59662	0,753221	-1,94681	40,77399	17,02024	
50	0,1225	29,00091	0,966697	-1,45669	30,50879	28,0351	
51	0,125	24,17553	0,805851	-1,66768	34,92783	19,48187	
52	0,1275	24,68278	0,822759	-1,92939	40,40895	20,30799	
53	0,13	26,69183	0,889728	-1,26147	26,42011	23,74845	
54	0,1325	22,66686	0,755562	-1,96475	41,14957	17,12621	
55	0,135	29,14794	0,971598	-1,49856	31,38568	28,32008	
56	0,1375	23,95478	0,798493	-1,59563	33,41871	19,12771	
57	0,14	24,54053	0,818018	-1,82338	38,18875	20,07458	
58	0,1425	26,62206	0,887402	-1,17077	24,52047	23,62447	
59	0,145	22,74909	0,758303	-2,04481	42,82641	17,25071	
60	0,1475	29,01363	0,967121	-1,52018	31,83851	28,05969	
61	0,15	24,01199	0,8004	-1,65249	34,60963	19,2192	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Tabel 300 rpm

				5 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in(W)	P out(W)	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	20,40416	0	
2	0,001667	12,16188	2,432376	-4,15916	130,6638	29,58227	
3	0,003333	19,31355	3,86271	-5,2821	165,9419	74,60262	
4	0,005	22,36618	4,473236	-5,9918	188,238	100,0492	
5	0,006667	23,3584	4,67168	-5,416	170,1488	109,123	
6	0,008333	21,15468	4,230936	-5,74702	180,5479	89,5041	
7	0,01	23,25031	4,650063	-5,63456	177,0148	108,1154	
8	0,011667	22,31579	4,463158	-4,98632	156,6499	99,59888	
9	0,013333	22,98266	4,596532	-6,15171	193,2618	105,6405	
10	0,015	23,65953	4,731907	-5,53305	173,8259	111,9547	
11	0,016667	21,18059	4,236119	-5,72697	179,9181	89,72351	
12	0,018333	23,28456	4,656913	-5,54564	174,2215	108,4342	
13	0,02	22,31013	4,462025	-4,88461	153,4546	99,54835	
14	0,021667	22,9334	4,586681	-6,18974	194,4564	105,1882	
15	0,023333	23,52183	4,704366	-5,49831	172,7344	110,6553	0,58
16	0,025	21,20199	4,240398	-5,74625	180,5236	89,90488	
17	0,026667	23,25527	4,651055	-5,54019	174,0501	108,1616	
18	0,028333	22,33783	4,467566	-4,90392	154,0613	99,79571	
19	0,03	22,97652	4,595303	-6,06389	190,5027	105,5841	
20	0,031667	23,54863	4,709726	-5,37168	168,7562	110,9076	
21	0,033333	21,17896	4,235792	-5,71448	179,5257	89,70966	
22	0,035	23,14737	4,629474	-5,53304	173,8255	107,1601	
23	0,036667	22,33821	4,467642	-4,92418	154,6978	99,79911	
24	0,038333	22,96034	4,592067	-6,07081	190,7201	105,4354	
25	0,04	23,60419	4,720838	-5,42694	170,4922	111,4316	
26	0,041667	21,22607	4,245213	-5,66724	178,0415	90,10918	
27	0,043333	23,19021	4,638042	-5,44101	170,9343	107,5572	
28	0,045	22,35991	4,471981	-4,82949	151,723	99,99309	
29	0,046667	22,85068	4,570136	-6,11814	192,207	104,4307	
30	0,048333	23,58784	4,717568	-5,45535	171,3848	111,2772	
31	0,05	21,18529	4,237058	-5,72121	179,737	89,7633	
32	0,051667	23,23876	4,647751	-5,53341	173,8373	108,008	
33	0,053333	22,39516	4,479033	-4,94903	155,4783	100,3087	
34	0,055	22,8944	4,578879	-6,08317	191,1084	104,8307	
35	0,056667	23,63417	4,726834	-5,4119	170,0199	111,7148	
36	0,058333	21,13881	4,227761	-5,73788	180,2607	89,36982	
37	0,06	23,23201	4,646401	-5,62762	176,797	107,9452	
38	0,061667	22,3062	4,461239	-4,98159	156,5013	99,51327	
39	0,063333	22,96971	4,593942	-6,14836	193,1565	105,5215	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

40	0,065	23,65276	4,730553	-5,53136	173,7728	111,8906	
41	0,066667	21,17735	4,23547	-5,72622	179,8946	89,69604	
42	0,068333	23,2829	4,65658	-5,54543	174,2149	108,4187	
43	0,07	22,30925	4,461851	-4,88472	153,4581	99,54057	
44	0,071667	22,93402	4,586805	-6,19	194,4645	105,1939	
45	0,073333	23,52216	4,704431	-5,49852	172,7411	110,6584	
46	0,075	21,20239	4,240478	-5,74638	180,5278	89,90827	
47	0,076667	23,2555	4,651099	-5,54022	174,051	108,1636	
48	0,078333	22,33794	4,467588	-4,90393	154,0614	99,79673	
49	0,08	22,97647	4,595294	-6,06385	190,5015	105,5836	
50	0,081667	23,5486	4,709721	-5,37171	168,7572	110,9074	
51	0,083333	21,17892	4,235784	-5,71445	179,5248	89,70933	0,58
52	0,085	23,14735	4,629469	-5,53306	173,8263	107,1599	
53	0,086667	22,33819	4,467639	-4,92417	154,6973	99,79899	
54	0,088333	22,96034	4,592069	-6,0708	190,72	105,4355	
55	0,09	23,60419	4,720839	-5,42696	170,493	111,4316	
56	0,091667	21,22607	4,245214	-5,66724	178,0415	90,10923	
57	0,093333	23,19021	4,638043	-5,44101	170,9344	107,5572	
58	0,095	22,35991	4,471981	-4,82953	151,7242	99,99308	
59	0,096667	22,85068	4,570137	-6,11814	192,2069	104,4308	
60	0,098333	23,58784	4,717568	-5,45535	171,3848	111,2772	
61	0,1	21,1853	4,237059	-5,72121	179,737	89,76336	

				10 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	20,40416	0	
2	0,001667	20,33435	2,033435	-3,70363	116,353	41,34856	
3	0,003333	29,27355	2,927355	-4,07074	127,8861	85,6941	
4	0,005	29,95688	2,995688	-4,29875	135,0491	89,74147	
5	0,006667	29,04666	2,904666	-3,72361	116,9806	84,37085	
6	0,008333	31,88774	3,188774	-4,60958	144,8143	101,6828	
7	0,01	30,63773	3,063773	-4,56163	143,3077	93,86703	
8	0,011667	29,35827	2,935827	-4,15641	130,5775	86,1908	0,68
9	0,013333	30,21427	3,021427	-4,33005	136,0326	91,29019	
10	0,015	29,11903	2,911903	-3,77058	118,4562	84,79182	
11	0,016667	31,44786	3,144786	-4,52689	142,2166	98,89677	
12	0,018333	30,51767	3,051767	-4,43563	139,3494	93,13279	
13	0,02	29,19441	2,919441	-4,04549	127,0927	85,23134	
14	0,021667	30,12333	3,012333	-4,37546	137,4591	90,74148	
15	0,023333	28,94639	2,894639	-3,74947	117,7931	83,78938	
16	0,025	31,56643	3,156643	-4,5574	143,1751	99,64393	
17	0,026667	30,50265	3,050265	-4,44063	139,5065	93,04115	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

18	0,028333	29,23229	2,923229	-4,07456	128,006	85,4527	
19	0,03	30,14061	3,014061	-4,23672	133,1006	90,84563	
20	0,031667	28,94304	2,894304	-3,61726	113,6397	83,76998	
21	0,033333	31,49672	3,149672	-4,53591	142,4997	99,20435	
22	0,035	30,3599	3,03599	-4,44696	139,7053	92,17236	
23	0,036667	29,3112	2,93112	-4,09791	128,7398	85,91463	
24	0,038333	30,11773	3,011773	-4,24644	133,4059	90,70777	
25	0,04	29,03205	2,903205	-3,66964	115,2851	84,28598	
26	0,041667	31,57399	3,157399	-4,48777	140,9874	99,69169	
27	0,043333	30,40985	3,040985	-4,35203	136,7231	92,47588	
28	0,045	29,31684	2,931684	-4,00542	125,8338	85,94768	
29	0,046667	30,05726	3,005726	-4,32015	135,7215	90,34389	
30	0,048333	29,06751	2,906751	-3,71537	116,7216	84,49202	
31	0,05	31,5849	3,15849	-4,54517	142,7907	99,7606	
32	0,051667	30,51556	3,051556	-4,43844	139,4376	93,11996	
33	0,053333	29,36847	2,936847	-4,11491	129,2736	86,25068	
34	0,055	30,11007	3,011007	-4,27983	134,4547	90,6616	
35	0,056667	29,09611	2,909611	-3,6683	115,243	84,65834	
36	0,058333	31,46961	3,146961	-4,55425	143,0761	99,03366	
37	0,06	30,50335	3,050335	-4,52826	142,2596	93,04547	
38	0,061667	29,24355	2,924355	-4,13982	130,0563	85,51853	
39	0,063333	30,17539	3,017539	-4,32711	135,9403	91,05543	
40	0,065	29,1065	2,91065	-3,77228	118,5096	84,71884	
41	0,066667	31,46731	3,146731	-4,52954	142,2996	99,01916	
42	0,068333	30,5239	3,05239	-4,43742	139,4056	93,17086	
43	0,07	29,20095	2,920095	-4,04644	127,1228	85,26952	
44	0,071667	30,1255	3,01255	-4,37564	137,4647	90,75457	
45	0,073333	28,94709	2,894709	-3,74938	117,7903	83,79342	
46	0,075	31,56529	3,156529	-4,55728	143,1712	99,63674	
47	0,076667	30,50228	3,050228	-4,44053	139,5032	93,03891	
48	0,078333	29,23192	2,923192	-4,07451	128,0045	85,45051	
49	0,08	30,14048	3,014048	-4,2367	133,0997	90,84486	
50	0,081667	28,943	2,8943	-3,61732	113,6416	83,76973	0,68
51	0,083333	31,49673	3,149673	-4,53589	142,4993	99,20443	
52	0,085	30,35992	3,035992	-4,44698	139,7061	92,17245	
53	0,086667	29,3112	2,93112	-4,0979	128,7394	85,91464	
54	0,088333	30,11773	3,011773	-4,24643	133,4057	90,70775	
55	0,09	29,03205	2,903205	-3,66966	115,2858	84,28597	
56	0,091667	31,574	3,1574	-4,48777	140,9874	99,69172	
57	0,093333	30,40985	3,040985	-4,35203	136,7231	92,47589	
58	0,095	29,31684	2,931684	-4,00546	125,8351	85,94771	
59	0,096667	30,05726	3,005726	-4,32015	135,7214	90,34389	
60	0,098333	29,06751	2,906751	-3,71537	116,7217	84,49201	
61	0,1	31,58491	3,158491	-4,54517	142,7908	99,76066	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

				20 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	20,40	0	
2	0,001667	31,27069	1,563534	-3,06814	96,38	48,89	
3	0,003333	37,76188	1,888094	-2,67437	84,01	71,29798	
4	0,005	34,5991	1,729955	-2,98126	93,65	59,85	
5	0,006667	33,62181	1,681091	-2,57204	80,80	56,52	
6	0,008333	36,12308	1,806154	-2,90664	91,31	65,24	
7	0,01	33,13383	1,656692	-2,94377	92,48	54,89	
8	0,011667	40,02321	2,001161	-2,75348	86,50	80,09	
9	0,013333	33,94018	1,697009	-3,04154	95,55	57,59	
10	0,015	34,40536	1,720268	-2,73531	85,93	59,186	
11	0,016667	36,39142	1,819571	-2,89498	90,948	66,21	
12	0,018333	33,14197	1,657099	-2,85766	89,77	54,91	
13	0,02	40,02099	2,00105	-2,66723	83,79	80,08	
14	0,021667	33,88631	1,694315	-3,1	97,38	57,4141	
15	0,023333	34,26143	1,713071	-2,72429	85,586	58,69	
16	0,025	36,53274	1,826637	-2,91917	91,70	66,73	
17	0,026667	33,12427	1,656213	-2,86393	89,973	54,86	
18	0,028333	40,05231	2,002616	-2,69488	84,66	80,2094	
19	0,03	33,90585	1,695292	-2,96616	93,18	57,48	
20	0,031667	34,24879	1,712439	-2,60438	81,8189	58,64	
21	0,033333	36,43899	1,821949	-2,90402	91,23	66,38	
22	0,035	33,04775	1,652388	-2,88212	90,54	54,6077	
23	0,036667	40,18365	2,009182	-2,71709	85,35	80,73	
24	0,038333	33,86138	1,693069	-2,97824	93,56	57,329	
25	0,04	34,30999	1,715499	-2,65389	83,37	58,856	0,71
26	0,041667	36,38066	1,819033	-2,83953	89,209	66,171	
27	0,043333	33,06618	1,653309	-2,77485	87,17	54,66	
28	0,045	40,09008	2,004504	-2,62101	82,3416	80,362	
29	0,046667	33,79119	1,68956	-3,04902	95,78	57,04	
30	0,048333	34,40308	1,720154	-2,68593	84,38	59,178	
31	0,05	36,25952	1,812976	-2,88772	90,72	65,73	
32	0,051667	33,16169	1,658084	-2,84517	89,385	54,987	
33	0,053333	40,06467	2,003233	-2,71812	85,30	80,258	
34	0,055	33,84809	1,692405	-3,00005	94,24	57,28	
35	0,056667	34,38442	1,719221	-2,63231	82,69	59,11	
36	0,058333	36,19813	1,809907	-2,91037	91,4321	65,51	
37	0,06	33,14023	1,657011	-2,93763	92,2883	54,91	
38	0,061667	39,9272	1,99636	-2,74849	86,34	79,70	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

39	0,063333	33,93246	1,696623	-3,03961	95,49	57,57	
40	0,065	34,38697	1,719349	-2,73386	85,8866	59,12	
41	0,066667	36,38949	1,819474	-2,8949	90,94	66,20	
42	0,068333	33,14181	1,65709	-2,85778	89,77	54,91	
43	0,07	40,02318	2,001159	-2,66735	83,79	80,09	
44	0,071667	33,88649	1,694324	-3,10006	97,39	57,4147	
45	0,073333	34,26185	1,713093	-2,72434	85,58	58,693	
46	0,075	36,53279	1,826639	-2,9192	91,70	66,732	
47	0,076667	33,12427	1,656213	-2,86393	89,97	54,86	
48	0,078333	40,05228	2,002614	-2,69488	84,66	80,20	
49	0,08	33,90585	1,695292	-2,96614	93,18	57,48	
50	0,081667	34,24879	1,712439	-2,60443	81,82	58,64	
51	0,083333	36,43899	1,821949	-2,904	91,23	66,38	0,71
52	0,085	33,04775	1,652388	-2,88214	90,5451	54,60	
53	0,086667	40,18366	2,009183	-2,71708	85,35	80,73	
54	0,088333	33,86138	1,693069	-2,97823	93,56	57,32	
55	0,09	34,31	1,7155	-2,65391	83,37	58,8588	
56	0,091667	36,38066	1,819033	-2,83953	89,208	66,17	
57	0,093333	33,06618	1,653309	-2,77485	87,172	54,66	
58	0,095	40,09009	2,004505	-2,62106	82,34	80,37	
59	0,096667	33,7912	1,68956	-3,04901	95,78	57,09	
60	0,098333	34,4031	1,720155	-2,68593	84,38	59,17	
61	0,1	36,25954	1,812977	-2,88772	90,72	65,73772	

				30 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	20,40416	0	
2	0,001667	38,44194	1,281398	-2,63636	82,82354	49,25941	
3	0,003333	40,60937	1,353646	-1,93182	60,6898	54,97069	
4	0,005	35,51718	1,183906	-2,43351	76,45096	42,04901	
5	0,006667	39,12769	1,304256	-2,00748	63,06682	51,03254	
6	0,008333	37,74827	1,258276	-2,24601	70,56058	47,49772	
7	0,01	33,69211	1,12307	-2,4418	76,71126	37,8386	0,67
8	0,011667	40,26898	1,342299	-1,95758	61,49913	54,05303	
9	0,013333	35,54584	1,184861	-2,46961	77,585	42,11689	
10	0,015	39,18948	1,306316	-2,11134	66,32969	51,19385	
11	0,016667	37,99762	1,266587	-2,22705	69,96469	48,12731	
12	0,018333	33,62875	1,120958	-2,35994	74,13972	37,69643	
13	0,02	40,33353	1,344451	-1,87459	58,89209	54,22645	
14	0,021667	35,40991	1,18033	-2,52534	79,33602	41,7954	
15	0,023333	39,06055	1,302018	-2,10533	66,14081	50,85756	
16	0,025	38,11198	1,270399	-2,24755	70,60887	48,41743	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

17	0,026667	33,63595	1,121198	-2,36972	74,4469	37,71257	
18	0,028333	40,38684	1,346228	-1,90065	59,71084	54,36989	
19	0,03	35,34012	1,178004	-2,38244	74,84648	41,63079	
20	0,031667	38,98478	1,299493	-1,98278	62,29097	50,66044	
21	0,033333	37,96495	1,265498	-2,23518	70,2201	48,04459	
22	0,035	33,67399	1,122466	-2,39467	75,23093	37,79792	
23	0,036667	40,40889	1,346963	-1,91623	60,20005	54,42928	
24	0,038333	35,34564	1,178188	-2,3977	75,32592	41,6438	
25	0,04	39,00169	1,300056	-2,02779	63,70494	50,70439	
26	0,041667	37,86799	1,262266	-2,17016	68,17774	47,79949	
27	0,043333	33,69827	1,123276	-2,28771	71,87053	37,85244	
28	0,045	40,34045	1,344682	-1,82444	57,31635	54,24506	
29	0,046667	35,36153	1,178718	-2,4761	77,78909	41,68126	
30	0,048333	39,11052	1,303684	-2,05836	64,6653	50,98777	
31	0,05	37,76841	1,258947	-2,22067	69,76425	47,54842	
32	0,051667	33,77159	1,12572	-2,35266	73,91091	38,01734	
33	0,053333	40,38474	1,346158	-1,92257	60,39929	54,36425	
34	0,055	35,47185	1,182395	-2,43011	76,34427	41,94174	
35	0,056667	39,10555	1,303518	-2,00631	63,0301	50,97479	0,67
36	0,058333	37,74867	1,258289	-2,24604	70,56134	47,49874	
37	0,06	33,69208	1,123069	-2,44189	76,71419	37,83855	
38	0,061667	40,26905	1,342302	-1,95759	61,49938	54,05321	
39	0,063333	35,54591	1,184864	-2,46962	77,5854	42,11705	
40	0,065	39,18953	1,306318	-2,11133	66,32949	51,19396	
41	0,066667	37,99762	1,266587	-2,22706	69,96508	48,12731	
42	0,068333	33,62875	1,120958	-2,35993	74,13933	37,69642	
43	0,07	40,33353	1,344451	-1,87461	58,89266	54,22644	
44	0,071667	35,40991	1,18033	-2,52534	79,33594	41,7954	
45	0,073333	39,06055	1,302018	-2,10533	66,14096	50,85756	
46	0,075	38,11198	1,270399	-2,24755	70,60884	48,41743	
47	0,076667	33,63595	1,121198	-2,36971	74,44666	37,71257	
48	0,078333	40,38684	1,346228	-1,90066	59,71114	54,36989	
49	0,08	35,34012	1,178004	-2,38245	74,84691	41,63079	
50	0,081667	38,98478	1,299493	-1,98279	62,29121	50,66044	
51	0,083333	37,96495	1,265498	-2,23517	70,22004	48,04459	
52	0,085	33,67399	1,122466	-2,39467	75,23074	37,79792	
53	0,086667	40,40889	1,346963	-1,91622	60,19989	54,42928	
54	0,088333	35,34563	1,178188	-2,39769	75,32572	41,6438	
55	0,09	39,00169	1,300056	-2,02779	63,70487	50,70439	
56	0,091667	37,86799	1,262266	-2,17016	68,17769	47,79949	
57	0,093333	33,69827	1,123276	-2,28771	71,8706	37,85244	
58	0,095	40,34045	1,344682	-1,82445	57,31691	54,24505	
59	0,096667	35,36153	1,178718	-2,47611	77,78934	41,68126	
60	0,098333	39,11053	1,303684	-2,05836	64,66537	50,98777	
61	0,1	37,76841	1,258947	-2,22067	69,76425	47,54843	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

Tabel 400 rpm

				5 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	27,20555	0	
2	0,00125	13,13444	2,626888	-4,40376	184,4645	34,5027	
3	0,0025	21,35168	4,270336	-5,88287	246,4213	91,17887	
4	0,00375	26,42115	5,28423	-6,83712	286,3928	139,6154	
5	0,005	28,93012	5,786024	-6,32552	264,9626	167,3903	
6	0,00625	26,29288	5,258577	-6,56254	274,8908	138,2631	
7	0,0075	28,39336	5,678672	-6,36919	266,7921	161,2366	
8	0,00875	28,54493	5,708986	-5,41062	226,6396	162,9626	
9	0,01	24,78121	4,956243	-6,0279	252,496	122,8217	
10	0,01125	27,88709	5,577417	-5,46268	228,8202	155,5379	
11	0,0125	25,68355	5,136709	-5,56519	233,114	131,9289	
12	0,01375	28,34139	5,668279	-6,7072	280,9507	160,6469	
13	0,015	28,49179	5,698359	-5,87504	246,0931	162,3565	
14	0,01625	26,79107	5,358214	-6,681	279,8532	143,5523	
15	0,0175	28,99425	5,79885	-5,88072	246,3311	168,1333	
16	0,01875	26,43964	5,287928	-5,90399	247,3056	139,8109	
17	0,02	28,8216	5,76432	-6,73279	282,0226	166,1369	
18	0,02125	28,8379	5,76758	-5,82727	244,092	166,3249	
19	0,0225	26,51334	5,302667	-6,43616	269,5973	140,5914	
20	0,02375	28,83441	5,766881	-5,64718	236,5485	166,2846	0,60
21	0,025	26,30313	5,260627	-5,77257	241,8008	138,371	
22	0,02625	28,74473	5,748947	-6,79623	284,6798	165,2519	
23	0,0275	28,84945	5,76989	-5,93214	248,4849	166,4582	
24	0,02875	26,80956	5,361913	-6,53514	273,7432	143,7506	
25	0,03	29,08718	5,817436	-5,76991	241,6895	169,2128	
26	0,03125	26,4735	5,2947	-5,77411	241,8652	140,1692	
27	0,0325	28,8787	5,77574	-6,71132	281,1231	166,7959	
28	0,03375	28,94382	5,788764	-5,82555	244,02	167,5489	
29	0,035	26,6301	5,32602	-6,56129	274,8386	141,8324	
30	0,03625	29,02022	5,804044	-5,77432	241,874	168,4346	
31	0,0375	26,39483	5,278967	-5,81553	243,6003	139,3374	
32	0,03875	28,87161	5,774323	-6,78982	284,4112	166,714	
33	0,04	28,9473	5,789461	-5,94191	248,8943	167,5893	
34	0,04125	26,65986	5,331972	-6,52657	273,3842	142,1496	
35	0,0425	29,07473	5,814945	-5,73497	240,2257	169,0679	
36	0,04375	26,38181	5,276362	-5,82593	244,0359	139,2	
37	0,045	28,82759	5,765519	-6,86708	287,6476	166,206	
38	0,04625	28,81596	5,763192	-5,96431	249,8322	166,0719	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

39	0,0475	26,69518	5,339036	-6,58555	275,8549	142,5265	
40	0,04875	29,06875	5,813749	-5,85531	245,2665	168,9984	
41	0,05	26,41369	5,282737	-5,81557	243,6019	139,5366	
42	0,05125	28,86349	5,772699	-6,77228	283,6764	166,6202	
43	0,0525	28,81405	5,762809	-5,85226	245,1389	166,0498	
44	0,05375	26,60992	5,321984	-6,60551	276,691	141,6176	
45	0,055	28,88202	5,776403	-5,80569	243,1881	166,8342	
46	0,05625	26,37029	5,274058	-5,83443	244,3922	139,0784	
47	0,0575	28,80761	5,761521	-6,7621	283,2504	165,9756	
48	0,05875	28,82932	5,765863	-5,86805	245,8003	166,2259	
49	0,06	26,66248	5,332497	-6,48166	271,503	142,1776	
50	0,06125	28,92652	5,785303	-5,681	237,9652	167,3487	0,60
51	0,0625	26,36	5,272	-5,79597	242,781	138,9699	
52	0,06375	28,77636	5,755273	-6,79545	284,6472	165,6158	
53	0,065	28,86891	5,773782	-5,92461	248,1695	166,6828	
54	0,06625	26,7768	5,355359	-6,52399	273,2762	143,3994	
55	0,0675	29,06693	5,813386	-5,76055	241,2973	168,9773	
56	0,06875	26,461	5,2922	-5,76663	241,5522	140,0369	
57	0,07	28,87315	5,774629	-6,7131	281,1976	166,7317	
58	0,07125	28,9404	5,78808	-5,82899	244,1643	167,5093	
59	0,0725	26,64347	5,328695	-6,56553	275,0162	141,975	
60	0,07375	29,02849	5,805697	-5,77764	242,0133	168,5306	
61	0,075	26,39995	5,279989	-5,81798	243,7029	139,3914	

				10 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	27,20555	0	
2	0,00125	22,74227	2,274227	-4,00599	167,8027	51,72107	
3	0,0025	35,13034	3,513034	-4,85023	203,166	123,4141	
4	0,00375	38,28229	3,828229	-5,25331	220,0503	146,5534	
5	0,005	38,48924	3,848924	-4,59192	192,3458	148,1422	
6	0,00625	37,02776	3,702776	-5,18562	217,2146	137,1055	
7	0,0075	38,96568	3,896568	-5,07725	212,6754	151,8324	0,70
8	0,00875	35,97987	3,597987	-4,6746	195,809	129,4551	
9	0,01	39,82239	3,982239	-5,53969	232,0459	158,5823	
10	0,01125	39,13277	3,913277	-4,85635	203,4222	153,1374	
11	0,0125	37,86195	3,786195	-5,26979	220,7406	143,3527	
12	0,01375	39,37412	3,937412	-5,04221	211,2076	155,0321	
13	0,015	36,11703	3,611703	-4,6019	192,764	130,444	
14	0,01625	39,8626	3,98626	-5,59685	234,4401	158,9027	
15	0,0175	38,96472	3,896472	-4,8314	202,3771	151,8249	
16	0,01875	37,96591	3,796591	-5,29725	221,8906	144,141	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

17	0,02	39,34869	3,934869	-5,04327	211,2518	154,8319	
18	0,02125	36,17817	3,617817	-4,62775	193,8466	130,886	
19	0,0225	39,92364	3,992364	-5,46643	228,9772	159,3897	
20	0,02375	38,98995	3,898995	-4,70179	196,9481	152,0216	
21	0,025	37,91114	3,791114	-5,27011	220,7538	143,7254	
22	0,02625	39,16434	3,916434	-5,04257	211,2226	153,3845	
23	0,0275	36,19905	3,619905	-4,65466	194,974	131,0371	
24	0,02875	39,8406	3,98406	-5,46255	228,8148	158,7274	
25	0,03	39,06765	3,906765	-4,74476	198,748	152,6281	
26	0,03125	37,9319	3,79319	-5,21398	218,4026	143,8829	
27	0,0325	39,20465	3,920465	-4,94416	207,1006	153,7005	
28	0,03375	36,19967	3,619967	-4,5577	190,9124	131,0416	
29	0,035	39,74514	3,974514	-5,53244	231,7422	157,9676	
30	0,03625	39,09826	3,909826	-4,79346	200,788	152,8674	
31	0,0375	37,9668	3,79668	-5,27911	221,1308	144,1478	
32	0,03875	39,34311	3,934311	-5,03999	211,1145	154,788	
33	0,04	36,28334	3,628334	-4,67548	195,8461	131,6481	
34	0,04125	39,82958	3,982958	-5,49651	230,2374	158,6395	
35	0,0425	39,16408	3,916408	-4,74836	198,899	153,3825	
36	0,04375	37,8245	3,78245	-5,28724	221,4712	143,0693	
37	0,045	39,31355	3,931355	-5,12722	214,7684	154,5555	
38	0,04625	36,13207	3,613207	-4,69786	196,7834	130,5527	
39	0,0475	39,89483	3,989483	-5,54576	232,3004	159,1598	
40	0,04875	39,16441	3,916441	-4,85475	203,3554	153,3851	
41	0,05	37,83005	3,783005	-5,26542	220,5573	143,1113	
42	0,05125	39,36021	3,936021	-5,03825	211,0419	154,9226	
43	0,0525	36,11097	3,611097	-4,59845	192,6194	130,4003	0,70
44	0,05375	39,86489	3,986489	-5,59837	234,5039	158,921	
45	0,055	38,96573	3,896573	-4,83356	202,4676	151,8328	
46	0,05625	37,98206	3,798206	-5,29938	221,98	144,2637	
47	0,0575	39,35574	3,935574	-5,0447	211,3119	154,8874	
48	0,05875	36,18125	3,618125	-4,62876	193,8892	130,9083	
49	0,06	39,92398	3,992398	-5,46617	228,9663	159,3924	
50	0,06125	38,9901	3,89901	-4,7013	196,9278	152,0228	
51	0,0625	37,90729	3,790729	-5,2696	220,7324	143,6962	
52	0,06375	39,16266	3,916266	-5,04221	211,2077	153,3714	
53	0,065	36,19832	3,619832	-4,6544	194,9631	131,0318	
54	0,06625	39,84056	3,984056	-5,46263	228,8179	158,727	
55	0,0675	39,06763	3,906763	-4,74489	198,7534	152,6279	
56	0,06875	37,93292	3,793292	-5,21411	218,4083	143,8906	
57	0,07	39,2051	3,92051	-4,94426	207,1045	153,704	
58	0,07125	36,19987	3,619987	-4,55777	190,9152	131,043	
59	0,0725	39,74515	3,974515	-5,53242	231,7414	157,9677	
60	0,07375	39,09827	3,909827	-4,79343	200,7866	152,8674	
61	0,075	37,96653	3,796653	-5,27908	221,1294	144,1458	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

				30 Ohm			
No	Time(s)	Voltage(V)	Current(A)	Torque(Nm)	P in	P out	effisiensi
1	0	0	0	-0,64948	27,20555	0	
2	0,00125	45,34056	1,511352	-3,00461	125,8569	68,52556	
3	0,0025	53,45302	1,781767	-2,54502	106,6054	95,24084	
4	0,00375	48,32648	1,610883	-2,87284	120,3373	77,84829	
5	0,005	47,87371	1,59579	-2,46046	103,0633	76,39642	
6	0,00625	50,61947	1,687316	-2,77904	116,4083	85,41104	
7	0,0075	45,97147	1,532382	-2,82236	118,2228	70,44587	
8	0,00875	55,97084	1,865695	-2,60737	109,2172	104,4245	
9	0,01	46,9736	1,565787	-2,87865	120,5808	73,55065	
10	0,01125	48,35907	1,611969	-2,58749	108,3846	77,95332	
11	0,0125	50,92569	1,697523	-2,76364	115,7631	86,44752	
12	0,01375	45,95957	1,531986	-2,73973	114,7616	70,40941	
13	0,015	55,96534	1,865511	-2,52211	105,6458	104,404	
14	0,01625	46,8878	1,562927	-2,93558	122,9653	73,28219	
15	0,0175	48,14019	1,604673	-2,57632	107,9166	77,24927	
16	0,01875	51,11558	1,703853	-2,78708	116,7451	87,09341	
17	0,02	45,93868	1,531289	-2,74685	115,0598	70,3454	0,73
18	0,02125	56,23803	1,874601	-2,55522	107,0329	105,4239	
19	0,0225	46,91904	1,563968	-2,8072	117,5875	73,37987	
20	0,02375	48,2243	1,607477	-2,462	103,128	77,51945	
21	0,025	50,98306	1,699435	-2,77264	116,1401	86,64243	
22	0,02625	45,85947	1,528649	-2,76578	115,8529	70,10303	
23	0,0275	56,43847	1,881282	-2,57694	107,9426	106,1767	
24	0,02875	46,86449	1,56215	-2,82107	118,1687	73,20935	
25	0,03	48,32495	1,610832	-2,51183	105,2152	77,84337	
26	0,03125	50,89692	1,696564	-2,70813	113,4379	86,34987	
27	0,0325	45,88601	1,529534	-2,65797	111,337	70,1842	
28	0,03375	56,42022	1,880674	-2,48435	104,0642	106,108	
29	0,035	46,7899	1,559663	-2,89611	121,3118	72,97649	
30	0,03625	48,50575	1,616858	-2,54619	106,6546	78,42694	
31	0,0375	50,73481	1,69116	-2,75686	115,4789	85,8007	
32	0,03875	46,01471	1,533824	-2,72655	114,2094	70,57844	
33	0,04	56,40499	1,880166	-2,58174	108,1438	106,0507	
34	0,04125	46,87918	1,562639	-2,84776	119,2866	73,25527	
35	0,0425	48,48269	1,61609	-2,4929	104,4225	78,35236	
36	0,04375	50,6586	1,68862	-2,78014	116,4541	85,54312	
37	0,045	45,97377	1,532459	-2,81864	118,067	70,45291	
38	0,04625	56,02064	1,867355	-2,60798	109,2429	104,6104	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

39	0,0475	46,97606	1,565869	-2,88087	120,6735	73,55833	
40	0,04875	48,39832	1,613277	-2,58958	108,472	78,07992	
41	0,05	50,92855	1,697618	-2,76373	115,7668	86,45723	
42	0,05125	45,95973	1,531991	-2,73951	114,7524	70,40991	
43	0,0525	55,9683	1,86561	-2,52214	105,6473	104,415	
44	0,05375	46,88795	1,562932	-2,93571	122,9709	73,28265	
45	0,055	48,14253	1,604751	-2,57644	107,9218	77,25677	
46	0,05625	51,11575	1,703858	-2,78709	116,7454	87,09399	
47	0,0575	45,93869	1,53129	-2,74684	115,0593	70,34543	
48	0,05875	56,23821	1,874607	-2,55523	107,033	105,4245	
49	0,06	46,91905	1,563968	-2,8072	117,5879	73,3799	
50	0,06125	48,22444	1,607481	-2,46201	103,1283	77,5199	0,73
51	0,0625	50,98307	1,699436	-2,77264	116,1401	86,64246	
52	0,06375	45,85947	1,528649	-2,76578	115,8529	70,10304	
53	0,065	56,43848	1,881283	-2,57694	107,9426	106,1767	
54	0,06625	46,86449	1,56215	-2,82107	118,1688	73,20935	
55	0,0675	48,32496	1,610832	-2,51183	105,2153	77,84339	
56	0,06875	50,89692	1,696564	-2,70813	113,4379	86,34987	
57	0,07	45,88601	1,529534	-2,65797	111,337	70,1842	
58	0,07125	56,42022	1,880674	-2,48435	104,0642	106,108	
59	0,0725	46,7899	1,559663	-2,89611	121,3118	72,97649	
60	0,07375	48,50575	1,616858	-2,54619	106,6546	78,42694	
61	0,075	50,73481	1,69116	-2,75686	115,4789	85,8007	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22