

**ANALISIS RUGI-RUGI SISTEM PROPULSI PADA
KERETA REL DIESEL ELEKTRIK (KRDE)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata-1 Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

Nisfi Nurlailatul Masfiah

20140120120

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2017

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kasih dan ilmu-Nya sehingga dapat terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini. Sholawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman yang penuh dengan kecanggihan teknologi ini. Atas berkat rahmat dan ridho dari-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik, berjudul “**Analisis Rugi-rugi Sistem Propulsi pada Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE)**”. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammaadiyah Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan senang hati mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, yaitu Mamih dan Abah serta saudara-saudara yang telah berjuang untuk memberikan dukungan, kasih sayang, do'a yang ikhlas dan tulus tanpa henti.
2. Bapak Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan teknik Elektro universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ir. Agus Jamal, M.Eng. selaku pembimbing I
4. Anna Nur Nazilah Chamim, S.T.,M.Eng. sebagai pembimbing II
5. Bapak Karisma Trinanda Putra, S.T.,M.T. selaku penguji
6. Bapak, Ibu Dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah yogyakarta atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh studi di bangku kuliah.
7. Sri Indah Lestari selaku teman seperjuangan dari awal di bangku kuliah hingga berakhir. Wahyu Sari Agustingsih selaku kakak tercinta yang telah memberikan berbagai kesan.

8. Ika Oktaviani selaku adik kecilku yang selalu mendukung penyusunan tugas akhir ini.
9. Keluarga kecilku di Yogyakarta Elektro c 2014 dan IMM Komisariat Fakultas teknik yang selalu mendukung satu sama lain selama tiga tahun terakhir dan telah memberikan berbagai kesan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna memperbaiki laporan ini. Selain itu, penulis juga mengharapkan Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai acuan perbaikan bagi penelitian selanjutnya, sehingga laporan ini dapat bermanfaat sebagai referensi dalam bidang Teknik Elektro.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 30 Desember 2017

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Mereka semua yang dalam lindungan Allah SWT : Mamih (Nur Hidayah) yang InsyaAllah berada di Jannah, Abah (Casyono), Kakakku (Vika Chusniyah), Adikku (Pita Sukmawati M.N.U), Kakak iparku (Nurrohman) dan adik kecilku (Nadhivatus Tazkiyatun Nafsi) serta keluarga Muayah.

Mereka adalah orang-orang luar biasa disekitarku dan sesungguhnya tak terbatas untuk menjelaskan pengorbanan, dukungan, serta kasih sayang mereka.

MOTIVASI

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ

“Maka, nikmat Tuhan-mu manakah yang kamu dustakan?.”
(QS.55:12)

“Ilmu tanpa agama adalah buta, agama tanpa ilmu adalah lumpuh.”

(Albert Eistein)

**“Nglurug Tanpa Bala, Menang Tanpa Ngasorake, Sekti Tanpa Aji², Sugih
Tanpa Bandha”**

“Dreaming is believing, jangan goyah dan tetap percaya.”

(Nisfi NL M)

DAFTAR ISI

Contents

ANALISIS RUGI-RUGI	i
ANALISIS RUGI-RUGI	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
MOTIVASI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
INTI SARI	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Kereta Kereta Rel Diesel Elektrik.....	8
2.2.1.1 Umum.....	8
2.2.1.2 Sejarah Kereta Rel Diesel Elektrik.....	8
2.2.1.3 Prinsip Kerja Kereta Rel Diesel Elektrik.....	10
2.2.2 Generator Sinkron.....	12
2.2.2.1 Umum.....	12

2.2.2.2	Konstruksi Generator Sinkron	12
2.2.2.3	Prinsip Kerja Generator Sinkron	15
2.2.2.4	Generator Sinkron Berbeban	18
2.2.2.4	Daya Keluaran Generator Sinkron	19
2.2.2.5	Rugi-rugi Generator Sinkron	20
2.2.3	Penyearah Tiga Fasa	21
2.2.3.1	Umum	21
2.2.3.2	Prinsip Kerja Penyearah Tiga Fasa	22
2.2.3.3	Rugi-rugi Penyearah Tiga Fasa	25
2.2.3.4	Filter Kapasitor	26
2.2.4	VVVF (<i>Variable Voltage Variable Frequency</i>) <i>Inverter</i>	27
2.2.4.1	Umum	27
2.2.4.2	Prinsip Kerja VVVF <i>Inverter</i>	27
2.2.4.3	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	29
2.2.4.4	PWM (Pulse Width Modulation)	31
2.2.4.5	Rugi-rugi <i>Inverter</i> IGBT	33
2.2.5	Motor Induksi Tiga Fasa	35
2.2.5.1	Umum	35
2.2.5.2	Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa	35
2.2.5.3	Prinsip Medan Putar	37
2.2.5.4	Gaya Gerak Listrik Stator dan Rotor	39
2.2.5.5	Frekuensi Rotor	40
2.2.5.6	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga Fasa	41
2.2.5.7	Aliran Daya Motor Induksi	43
2.2.5.8	Efisiensi	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		48
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	48
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	48
3.3	Diagram Alir	49
3.4	Studi Kasus	50
3.4	Pengumpulan Data	50
3.5	Pengolahan Data	51

3.6	Analisis	51
3.7	Kesimpulan.....	52
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Umum.....	53
4.2	Lokomotif pada Kereta Rel Diesel Elektrik	54
4.3	Sistem Propulsi Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE).....	55
4.3	Generator Sinkron Tiga Fasa.....	57
4.3.1	Data Spesifikasi.....	57
4.3.2	Perhitungan Daya keluaran	57
4.4.	Penyearah Tiga Fasa.....	59
4.4.1	Tegangan Keluaran Penyearah Tiga Fasa	60
4.4.2	Rugi-rugi pada Penyearah Tiga Fasa	62
4.4.3	Filter Kapasitor.....	64
4.5	VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) <i>Inverter</i>	66
4.5.1	Rugi-rugi VVVF <i>Inverter</i>	69
4.6	Motor Induksi Tiga Fasa	74
4.6.1	Rugi-rugi Motor Induksi dengan variasi masukan.....	74
4.7	Rugi-rugi dan Efisiensi Sistem Propulsi	85
BAB V KESIMPULAN		87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN.....		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kereta Rel Diesel Elektrik (KDRE)	9
Gambar 2.2 Skema prinsip kerja KRDE	10
Gambar 2.3 Konstruksi generator sinkron	13
Gambar 2.4 konstruksi stator	13
Gambar 2.5 konstruksi rotor	14
Gambar 2.6 Rangkaian Generator sinkron tanpa beban.....	17
Gambar 2.7 Rangkain dan grafik saat generator sinkron tidak berbeban ...	18
Gambar 2.8 Rangkan generator sinkron berbeban	18
Gambar 2.9 Prinsip dasar dioda	22
Gambar 2.10 Penyearah tiga fasa.....	23
Gambar 2.11 Gelombang penyearah tiga fasa	24
Gambar 2.12 Filter kapasitor pada penyearah gelombang penuh	26
Gambar 2.13 Konfigurasi <i>inverter</i> tiga fasa.....	28
Gambar 2.14 Konfigurasi IGBT	29
Gambar 2.15 Teknik PWM	32
Gambar 2.16 Rugi-rugi VVVF IGBT	33
Gambar 2.17 Konstruksi motor induksi tiga fasa.....	36
Gambar 2.18 konstuksi stator.....	36
Gambar 2.19 (a) Rotor sangkar tupai (b) Rotor lilitan.....	37
Gambar 2.20 Arah medan putar stator	39
Gambar 2.21 Rangkaian ekivalen pada stator	41
Gambar 2.22 Rangkaian ekivalen rotor	42
Gambar 2.23 Rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa	43
Gambar 2.24 Skema aliran daya pada motor induksi tiga fasa	44
Gambar 3.1 Lokasi PT. INKA (Persero).....	48
Gambar 3.2 Diagram alir metodologi penelitian.....	49
Gambar 4.1 Skema runtutan analisis komponen KRDE.....	53
Gambar 4.2 Lokomotif pada KRDE	55
Gambar 4.3 Rangkaian Umum sistem propulsi pada KRDE.....	56

Gambar 4.4 Rangkaian <i>Three-phase rectifier</i>	60
Gambar 4.5 Gelombang V_{dc} <i>Three-phase rectifier</i>	61
Gambar 4.6 Gelombang tegangan puncak DC.....	64
Gambar 4.7 Rangkaian penyearah dengan menggunakan filter.....	64
Gambar 4.8 Hasil simulasi penyearah setelah penambahan filter.....	65
Gambar 4.9 Rangkaian <i>VVVF Inverter</i>	66
Gambar 4.10 Gelombang Keluaran <i>VVVF inverter</i> keadaan 1	70
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara D dengan V_{out}	72
Gambar 4.12 Grafik hubungan V_{out} <i>inverter</i> dengan rugi-rugi	73
Gambar 4.13 Grafik Efisiensi <i>inverter</i> terhadap rugi-rugi.....	73
Gambar 4.15 Grafik hubungan tegangan dengan kecepatan motor	79
Gambar 4.16 Grafik hubungan frekuensi dengan kecepatan stator	80
Gambar 4.17 Grafik hubungan slip dengan putaran rotor.....	81
Gambar 4.18 Grafik hubungan frekuensi sumber dengan slip.....	82
Gambar 4.19 Grafik hubungan rugi-rugi tembaga rotor dengan slip.....	82
Gambar 4.20 Grafik hubungan arus sumber dengan rugi tembaga stator...	83
Gambar 4.21 Grafik hubungan antara putaran rotor dengan rugi gesek	83
Gambar 4.22 Grafik efisiensi motor induksi.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keadaan dioda.....	25
Tabel 2. Keadaan <i>switch</i> pada <i>inverter</i> tiga fasa.....	29
Tabel 3. Prosentase rugi-rugi Stray.....	46
Tabel 4 Data teknis generator sinkron	57
Tabel 5. <i>Datasheet</i> dioda.....	62
Tabel 6. Rugi-rugi pada penyearah tiga fasa.....	64
Tabel 7. Parameter rugi-rugi pada IGBT	67
Tabel 8. Parameter rugi-rugi dioda pada <i>inverter</i>	68
Tabel 9. Lima keadaan kebutuhan beban	69
Tabel 10. Rugi-rugi dan efisiensi pada VVf <i>Inverter</i>	72
Tabel 11. Data teknis motor induksi tiga fasa pada keadaan pertama	75
Tabel 12. Data rugi-rugi Motor induksi tiga fasa.....	78
Tabel 13. Daya keseluruhan komponen sistem propulsi.....	85
Tabel 14. Rugi-rugi keseluruhan komponen sistem propulsi.....	85
Tabel 15. Efisiensi keseluruhan komponen sistem propulsi	86