



**ANALISIS KERUSAKAN DAN PERBAIKAN MOTOR LISTRIK
3 PHASA PADA LIFT BARANG
DI PT. YUMEIDA UTAMA**

**Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Pancabudi
Medan**

SKRIPSI

OLEH :

**NAMA : EDISON SIREGAR
N.P.M : 1514210129
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2021**

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS KERUSAKAN DAN PERBAIKAN MOTOR LISTRIK 3 PHASA
PADA LIFT BARANG DI PT.YUMEIDA UTAMA

NAMA : EDISON SIREGAR
N.P.M : 1514210129
FAKULTAS : SAINS & TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI : Teknik Elektro
TANGGAL KELULUSAN : 26 Agustus 2021

DIKETAHUI

DEKAN



Hamdani, ST., MT.

KETUA PROGRAM STUDI



Siti Anisah, S.T., M.T

**DISETUJUI
KOMISI PEMBIMBING**

PEMBIMBING I



Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T

PEMBIMBING II



Siti Anisah, S.T., M.T

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Sebagai sivitas akademi Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edison Siregar
NPM : 1514210129
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Non exclusive Royalti – Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul :

“Analisis Kerusakan Dan Perbaikan Motor Listrik 3 Phasa Pada Lift Barang Di PT. Yumeida Utama”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Ekklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/ alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) merawat dan mempublikasi tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini kamu buat dengan sebenarnya.

Medan, 2021



Edison Siregar
1514210129

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 2021



EDISON SIREGAR
1514210129

SURAT PERNYATAAN

Saya Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : EDISON SIREGAR
N.P. M : 1514210129
Tempat/Tgl. Lahir : Kuta Padang / Kuta padang
Alamat : Jl.Binjai km 10,2 Paya Geli
No. HP : 081383429519
Nama Orang Tua : ALM.RUBEN SIREGAR/ALM.HOTMA MANIK
Institusitas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis kerusakan Dan Perbaikan Motor Listrik 3 Phasa Pada Lift Barang Di PT.YUMEIDA UTAMA

Bersama dengan surat ini menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa data yang tertera diatas adalah sudah benar sesuai dengan ijazah pada pendidikan terakhir yang saya jalani. Maka dengan ini saya tidak akan melakukan penuntutan kepada UNPAB. apabila ada kesalahan data pada ijazah saya.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar - benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan dibuat dalam keadaan sadar. Jika terjadi kesalahan, Maka saya bersedia bertanggung jawab atas kelalaian saya.

Medan, 06 Agustus 2021
Yang Membuat Pernyataan


6FE5EAJX294462375
EDISON SIREGAR
1514210129

Plagiarism Detector v. 1854 - Originality Report 8/5/2021 11:01:03 AM

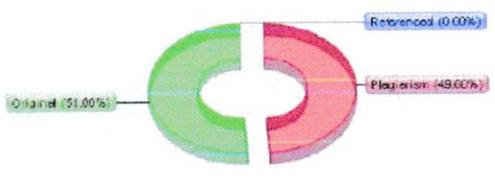
Analyzed document: EDISON SIREGAR_1514210129_TEKNIK ELEKTRO.doc License for: Universitas Pembangunan Panca Budi_License03

- Comparison Preset: Rewrite
- Detected language: [?](#)
- Check type: Internet Check



Detailed document body analysis:

[?](#) Relation chart



[?](#) Distribution graph



SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa saurat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.



No. Dokumen : PM-UJMA-06-02

Revisi : 00

Tgl Eff : 23 Jan 2019

KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 27/BL/LTPE/2021

Tanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Semester : EDISON SIREGAR
: 1514210129
: Akhir
Prodi : SAINS & TEKNOLOGI
: Teknik Elektro

telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 04 November 2021
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



men : FM-LEKTO-06-01

Revisi : 01

Tgl. Efektif : 04 Juni 2015



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 4153/PERP/BP/2021

Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan saudara/i:

: EDISON SIREGAR

: 1514210129

Semester : Akhir

: SAINS & TEKNOLOGI

Prodi : Teknik Elektro

nya terhitung sejak tanggal 18 Mei 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 18 Mei 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



UPT, Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

Dokumen : FM-PERPUS-06-01

: 01

Efektif : 04 Juni 2015



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : EDISON SIREGAR
NPM : 1514210129
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T
Judul Skripsi : Analisis kerusakan Dan Perbaikan Motor Listrik 3 Fasa Pada Lift Barang Di PT.YUMEIDA UTAMA

Tanggal	Pembahasan Materi	Status Keterangan
20 Februari 2021	perbaiki rumusan masalah perbaiki bab 4 sesuaikan dengan bab 1	Revisi
25 Februari 2021	lengkapi tabel yang ada pada bab 3 dengan analisa hasil perhitungan sehingga lebih jelas pada bab 2 berikan gambaran tentang perusahaan dan penggunaan motor untuk melayani beban apa saja	Revisi
16 Maret 2021	Pada penulisan tugas akhir ini akan dibahas beberapa hal antara lain : a. Mengetahui hubungan antara ketidakseimbangan tegangan atau jatuh tegangan terhadap kerusakan motor induksi ? b. Bagaimana cara memperbaiki gangguan akibat ketidakseimbangan tegangan pada motor induksi 3 fasa pada lift barang ? perhatikan rumusan masalah diatas sepertinya untuk point 2 belum ada dibahas pada bab 4	Revisi
24 Maret 2021	perbaiki rumusan masalah pada point a, sesuaikan dengan hasil pembahasan pada bab 4	Revisi
26 Maret 2021	acc semhas	Disetujui
05 Mei 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui
02 September 2021	acc jilid	Disetujui

Medan, 04 November 2021
Dosen Pembimbing,



Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : EDISON SIREGAR
NPM : 1514210129
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Siti Anisah, S.T., M.T
Judul Skripsi : Analisis kerusakan Dan Perbaikan Motor Listrik 3 Fasa Pada Lift Barang Di PT.YUMEIDA UTAMA

Tanggal	Pembahasan Materi	Status Keterangan
31 Maret 2021	Acc Semhas	Disetujui
07 Mei 2021	Acc Sidang meja hijau	Disetujui
03 September 2021	mohon agar direvisi dan diupload kembali ya sesuai dengan note yang saya tandai di tugas akhirnya	Revisi
16 September 2021	edisen ngak kamu perbaiki yg saya, suruh perbaiki ya.... coba kamu cek daftar iisinya, kenapa masih ada tulisan warna biru lagi... tolong kamu cek keseluruhan skripsi kamu, lihat juga yang sudah saya tandai	Revisi
18 September 2021	lihat di dafatr isi bagian Bab IV sama daftar tabel , masih belum rapi penulisannya,... abstrak dibuatkan satu alenia, penulisan bullet and numbering tidak knsisten, terkadang menggunakan bullet, alphabet dan numbering.	Revisi
18 Oktober 2021	Acc jilid	Disetujui

Medan, 04 November 2021
Dosen Pembimbing,



Siti Anisah, S.T., M.T

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 04 November 2021
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : EDISON SIREGAR
 Tempat/Tgl. Lahir : Kuta Padang / 07 April 1995
 Nama Orang Tua : ALM.RUBEN SIREGAR
 N. P. M : 1514210129
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 081383429519
 Alamat : Jl. Binjai km 10,2 Paya Geli

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Analisis kerusakan Dan Perbaikan M Listrik 3 Phasa Pada Lift Barang Di PT.YUMEIDA UTAMA**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntun ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya sete lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transki sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 examplar untuk penguji (b dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani do pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga :



Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

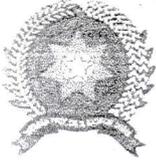
Hormat saya



EDISON SIREGAR
 1514210129

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN MENGAJUKAN JUDUL SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : EDISON SIREGAR
 Tempat/Tgl. Lahir : Kuta Padang / 07 April 1995
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1514210129
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 136 SKS, IPK 3.58
 Dengan ini mengajukan judul skripsi sesuai dengan bidang ilmu, dengan judul:

No.	Judul-SKRIPSI	Persetujuan
1.	Analisis kerusakan Dan Perbaikan Motor Listrik 3 Phasa Pada Lift Barang Di PT.YUMEIDA UTAMA	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Analisis Perawatan Dan Perbaikan Motor Listrik Pada Mesin Bor Di WORKSHOP-JUNTAK STEEL	<input type="checkbox"/>
3.	Relay Pengaman Motor Induksi	<input type="checkbox"/>

Judul yang disetujui oleh Kepala Program Studi diberikan tanda



Rektor I,

(I. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.)

Medan, 25 Januari 2019

Pemohon,

(Edison Siregar)

Nomor :
 Tanggal :



Disahkan oleh
 Dekan

(Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc.)

Tanggal :

Disetujui oleh:
 Ka. Prodi Teknik Elektro

(Hamdani, ST., MT)

Tanggal :

Disetujui oleh:
 Dosen Pembimbing I :

(Ali Sastra, D. ST, MT.)

Tanggal : 19 '02 '19

Disetujui oleh:
 Dosen Pembimbing II:

(Siti Musala, ST, MT)

ABSTRAK

Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan salah satu peralatan yang banyak digunakan perusahaan industri yang digunakan dalam alat pendukung produksi dan maupun kegunaan lainnya, sehingga sangat dibutuhkan perawatan untuk menjaga kestabilan dari motor induksi tersebut. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan motor induksi adalah ketidakseimbangan tegangan, dalam tulisan ini penulis akan menganalisa pengaruh perubahan tegangan terhadap daya input, arus input, kecepatan putar rotor, slip, daya output, rugi-rugi dan efisiensi motor induksi tiga fasa

Hasil analisis yang diperoleh adalah jatuh tegangan sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, pada beban 4 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,13-6,61 ampere, slip 5,18-5,38 %, efisiensi 20,4-22,02 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan putar rotor dari 1422,18-1419,37 rpm, dan daya output 595,4 - 594,20 watt. Pada beban 5 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,20 – 6,64 ampere, slip 5,20 – 5,28 %, efisiensi 20,31 – 21,04 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan rotor dari 1421,19 – 1419,37 rpm, dan daya output 595,32 – 594,8 watt. Pada beban 6 N-m yang mengalami kenaikan adalah arus input dari 6,31 – 6,86 ampere, slip 5,20 - 5,44 %, efisiensi 19,89 – 21,86 %, dan yang mengalami penurunan adalah kecepatan rotor yaitu dari 1421,99 – 1418,37 rpm, dan daya output dari 595,32 – 593,8 watt.

Kata kunci : Ketidakseimbangan Tegangan, Motor Induksi 3 Fasa, Analisa Perhitungan

ABSTRACT

The induction motor is one of the equipment that functions to convert electrical energy into mechanical energy and is one of the most widely used equipment used by industrial companies that are used in production support equipment and other uses, so maintenance is needed to maintain the stability of the induction motor. One of the factors that can affect induction motor damage is voltage imbalance, in this paper the author will analyze the effect of voltage changes on input power, input current, rotor rotational speed, slip, output power, losses and efficiency of three-phase induction motors. The results of the analysis obtained are voltage drops of 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, at a load of 4 Nm the increase is the input current from 6.13-6.61 amperes, slip 5.18-5.38 %, efficiency is 20.4-22.02%, and what has decreased is the rotational speed of the rotor from 1422.18-1419.37 rpm, and the output power is 595.4 -594.20 watts. At a load of 5 Nm the increase in input current is from 6.20 to 6.64 amperes, slip is 5.20 to 5.28%, efficiency is 20.31 to 21.04%, and what is decreased is the rotor speed from 1421.19 – 1419.37 rpm, and the output power is 595.32 – 594.8 watts. At a load of 6 Nm the increase is the input current from 6.31 - 6.86 amperes, slip 5.20 - 5.44%, efficiency 19.89 - 21.86%, and the decrease is the rotor speed, namely from 1421.99 – 1418.37 rpm, and the output power is from 595.32 – 593.8 watts.

Keywords: Voltage Unbalance, 3 Phase Induction Motor, Calculation Analysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikn hikmat, kebijaksanaan, serta kekuatan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi Medan. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan. Dan pada kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr.H.Muhammad Isa Indrawan, S.E, MM Selaku Rektor Universitas Pembangunan Pancabudi Medan
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi Medan.
3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Universitas Pembangunan Pancabudi Medan, serta Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T. Selaku Dosen pembimbing I.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen yang telah mengajar dan mendidik penulis selama ini.
6. Seluruh Staff dan kayawan Universitas Pembangunan Pancabudi Medan.
7. Seluruh keluarga yang memberikan arahan dan bantuan selama Tugas Akhir
8. Pimpinan dan Staff PT.YUMEIDA UTAMA yang memberikan ijin dan motivasi.
8. Teman-teman seperjuangan Rony, Akbar, Richard, dan seluruh teman-teman sekelas yang memberikan masukan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum begitu sempurna. Oleh Karena itu saran dan kritik yang baik selalu penulis harapkan. Kiranya Tuhan Yang Maha Esa Selalu memberikan karuniaNya kepada kita semua. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Medan, 08 Juni 2021

Homat Saya,

Edison Siregar
1514210129

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Profil Singkat PT.YUMEIDA UTAMA.....	5
2.2 Motor Induksi.....	6
a. Motor Kelas A.....	6
b. Motor Kelas B.....	7
c. Motor Kelas C.....	7
d. Motor Kelas D.....	7
2.3 Konsep Dasar Motor Induksi.....	8
a. Stator.....	9
b. Rotor.....	10
2.4 Kecepatan Medan Magnet Putar.....	11
2.5 Prinsip Kerja.....	12
2.6 Frekuensi Rotor.....	13
2.7 Torsi Pada Motor Induksi.....	14
2.8 Rangkaian Eivalen Motor Induksi.....	19
2.9 Slip.....	21
2.10 Daya Motor Induksi.....	23
2.11 Jatuh Tegangan (Voltage Drop =Vd).....	26

BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	29
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	29
a. Studi Literatur.....	30
b. Pengumpulan Data	30
c. Analisa Kerusakan.....	30
d. Perbaikan.....	30
3.4 Data Plate Motor Induksi	31
3.5 Data Pengukuran Pada Sumber Tegangan	31
a. Data Pada Beban 4 N-M.....	31
b. Data Pada Beban 6 N-M	33
BAB IV HASIL ANALISIS.....	34
4.1 Analisa Perhitungan Dari Data Pengukuran.....	34
4.1.1 Perhitungan Pada Beban 4 N-M.....	34
4.1.2 Perhitungan Pada Beban 5 N-M.....	40
4.1.3 Perhitungan Pada Beban 6 N-M.....	56
4.2 Hubungan Terhadap Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban	54
a. Hubungan Antara arus input dengan jatuh tegangan pada masing-masing beban	54
a. Hubungan Antara Arus Input Dengan Jatuh Tegangan Jala-Jala Pada Masing-Masing Beban.....	55
b. Hubungan Antara Kecepatan Putar Rotor Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban	55
c. Hubungan Antara Slip Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban .	56
d. Hubungan Antara Daya Output Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban.....	56
e. Hubungan Antara Rugi-Rugi Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban.....	57
f. Hubungan Antar Efisiensi Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban	57
4.3 Perbaikan Ketidakeimbangan Tegangan	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 KESIMPULAN	59
5.2 SARAN	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2	Klarifikasi motor listrik.....	13
Gambar 2.3	Komponen motor induksi.....	15
Gambar 2.4	Startor dai sebuah motor induksi.....	16
Gambar 2.5	Struktur rotor motor induksi sangkar	17
Gambar 2.7	Tegangan ekivalen thevenin pad sisi rangkaian input.....	21
Gambar 2.8	Impedansi ekivalen thevenin untuk sisi rangkaian input	22
Gambar 2.8	Rangkaian ekivalen thevenin motor induksi	23
Gambar 2.9	Karakteristik torsi-slip dimotor induksi	24
Gambar 2.10	Ciri-ciri torsi perputaran dimotor induksi untuk daerah-daerah operasi	24
Gambar 2.11	Rangkaian ekoivalen sator	26
Gambar 2.12	Rangkaian ekivalen rotor	27
Gambar 2.13	Rangkaian ekivalen motor induksi dari sisi stator	27
Gambar 2.14	Rentetan ekivalen metode motor induksi	28
Gambar 2.16	Diagram aliran daya motor induksi.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.5 Data Pada Beban 4 N-M	40
Tabel 3.6 Data Pada Beban 5 N-M	41
Tabel 3.7 Data Pada 6 N-M.....	41
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Pada Beban 4 N-M	51
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Pada Beban 5 N-M	52
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pada Beban 6 N-M.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan motor induksi didalam suatu sistem kelistrikan pembangkit sangat dibutuhkan dimana kegunaan dari motor induksi itu sendiri adalah sebagai penggerak. Pada saat ini sangat banyak mesin-mesin yang difungsikan untuk mengurangi bahkan menggantikan pekerjaan manusia. Salah satunya yaitu motor induksi 3 fasa. Motor induksi ialah peralatan yang merubah daya listrik dan menjadikan daya mekanik ataupun daya gerak. Motor induksi yang menjadi arus bolak-balik (AC) yang terluas dipergunakan baik dalam pemakaian alat rumah tangga, bengkel, mall, dan dapat ditemukan dalam setiap aplikasi atau pemakaian industrial misalnya dalam mesin-mesin produksi, konveyor, lift dan lain-lainnya

Pemakaian motor listrik pada lift barang di PT.YUMEIDA UTAMA yang banyak digunakan, yang membuat sistem produksi bisa berjalan atau beroperasi dengan baik sehingga mencapai hasil dengan maksimal yang sangat menguntungkan perusahaan, tetapi dalam pemakaian lift barang tersebut sering ditemukan berbagai masalah yang membuat sistem operasi gagal atau tidak bekerja, masalah yang terjadi adalah ketidakseimbangan tegangan sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada motor induksi pada lift barang yang membuat dampak buruk bahkan dampak negatif untuk hasil produksi perusahaan yang menurun. Masalah tersebut yang membuat penulis menganalisis sebab kerusakan dan perbaikan pada motor .

1.2 Rumusan Masalah

Untuk penugasan sebagai bentuk tugas akhir, dengan pembahasan terkait hal-hal yaitu:

- a. Bagaimana cara mengetahui Hubungan ketidakseimbangan tegangan pada Masing-Masing Beban motor induksi 3 fasa ?
- b. Bagaimana cara memperbaiki gangguan akibat ketidakseimbangan tegangan pada motor induksi 3 fasa pada lift barang ?

1.3 Batasan Masalah

- a. Tidak ada bahasan yang lebih rinci tentang motor induksi 3 fasa.
- b. Dengan cakupan yang dibahas mengenai analisa akibat yang ditimbulkan dari kerusakan ketidakseimbangan tegangan dari motor induksi 3 fasa pada lift barang serta cara untuk membenahinya.

1.4 Tujuan Penelitian

Penuisan ini bertujuan untuk:

- a. Memahami korelasi atas jatuh tegangan di setiap beban motor induksi 3 fasa.
- b. Memahami untuk perbaikan kerusakan pada motor 3 fasa yang diakibatkan ketidakseimbangan tegangan

1.5 Manfaat Penelitian

Sedangkan untuk kebermanfaatan yang menjadi harapan pada kajian ini ialah:

- a. Untuk petunjuk team teknisi PT.YUMEIDA UTAMA ketika melakukan analisa kerusakan motor induksi 3 fasa yang disebabkan ketidakseimbangan tegangan.
- b. Memberi tambahan wawasan dan tambahan pengalaman untuk bisa melakukan aktivitas yang sama sesudah terjun atau bekerja secara langsung di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Penulisan ini, memiliki sistematika tulisan untuk Tugas Akhir yakni seperti penjelasan dibawah ini:

I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan berkaitan latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan secara garis besar tentang teori dasar yang berhubungan dengan alat yang akan dianalisis

III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian dalam penulisan tugas akhir, diantaranya adalah waktu dan tempat

penelitian, alat dan bahan, komponen dan perangkat penelitian, prosedur kerja dan perancangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai hasil pengujian dan membahas terhadap data-data hasil pengujian yang diperoleh dalam analisis alat tersebut.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan yang diperoleh dari analisis dari alat tersebut, dan saran-saran untuk pengembangan mengenai penelitian ini maupun untuk penelitian berikutnya

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Profil Singkat PT.YUMEIDA UTAMA

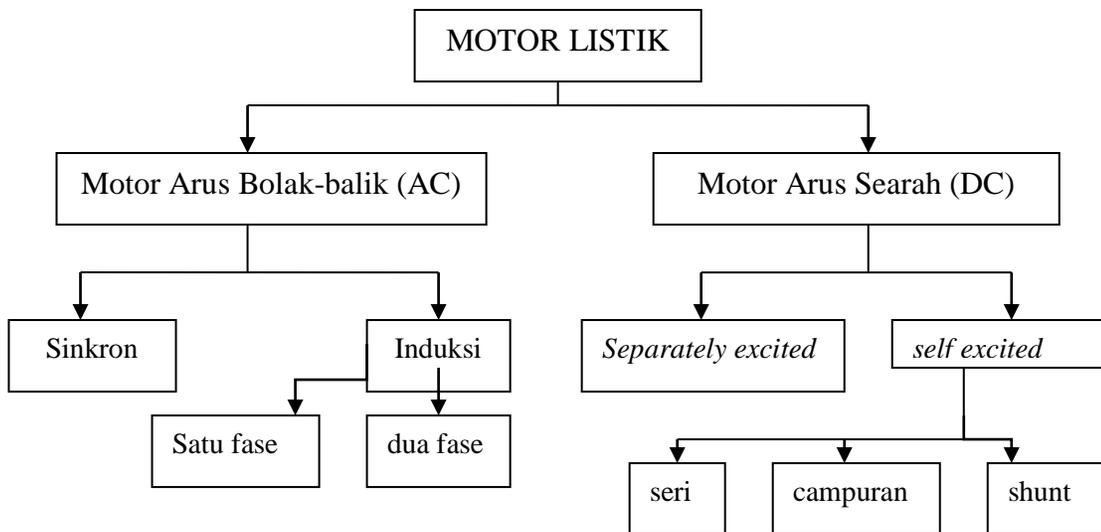
Perusahaan PT.TUMEIDA UTAMA yang beralamat di Jl. Langsa No.1 Medan yang beroperasi pada tahun 1984 dan salah satu perusahaan terkemuka di pasar alas kaki plastik Indonesia dan selama 37 tahun mereknya dengan produk-produk berkualitas tinggi dan inovatif. selama bertahun-tahun penawaran merek perusahaan yang selalu berkembang pesat melalui inovasi dan desain strategis yang terus berupaya memberikan kualitas dan nilai terbaik kepada seluruh pelanggan hingga saat ini, dan perusahaan ini memproduksi berbagai jenis sandal dan sepatu.

Perusahaan PT.YUMEIDA UTAMA mempunyai Misi dan Visi yaitu :

- Misi** : Terus berinovasi dan memberikan kualitas dan nilai tambah terbaik kepada pelanggan kami.
- VISI** : Menjadi innovator dan trendsetter merek sandal dan sepatu yang terkemuka di Indonesia

2.2 Motor Induksi

Motor listrik merupakan alat yang berfungsi sebagai penggerak, mengubah energi listrik menjadi gerak. Motor listrik umumnya digunakan sebagai sumber utama sebagai pemroses peralatan (mesin) yang ditentukan sendiri ataupun peralatan yang dipergunakan agar mempermudah manusia didalam kesehariannya untuk melakukan pekerjaan, khususnya untuk sektor industri serta sektor yang lainnya. Motor listrik memiliki klasifikasi-klasifikasi berdasar konstruksi, pasokan input, dan sistem operasi seperti pada gambar 2.2. (Masdi, 2018)



Gambar 2.2 klarifikasi motor listrik

Sesuai standarisasi yang dibuat oleh *National Electrical Manufactures Assocation* (NEMA), motor rotor sangkar untuk pengelompokannya yang terdapat 4 kelas dengan berdasar pada ciri-cirinya yakni:

a. Motor Kelas A

- Memiliki susunan resitansi rotor kecil
- Dengan sistem operasi pada slip begitu kecil ($s < 0,01$) didalam kondisi berbeban
- Untuk kepentingan torsi start yang begitu kecil

b. Motor Kelas B

- Untuk keperluan umum, memiliki arus starting normal serta torsi starting
- Regulasi kecepatan putar ketika full load rendah yang berada dibawah 5%
- Torsi starting yang berkisar 150% dari rated
- Meskipun arus starting normal, biasanya memiliki besar 600% dari full load

c. Motor Kelas C

- Memiliki torsi starting yang lebih besar jika diperbandingkan pada motor kelas B
- Arus statring normal, pada kondisi full load slip kurang dari 0,05
- Torsi starting yang berkisar 200% dari rated
- Pemakaian untuk pompa, kompresor, konveyor, dan yang lain-lain

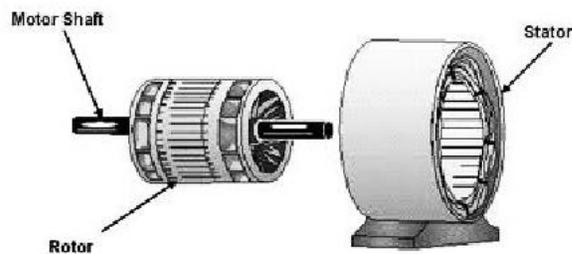
d. Motor Kelas D

- Memiliki arus starting relatif rendah serta torsi starting yang besar
- Slip besar
- Ketika slip beban sudah mencapai batas penuh memiliki efektivitas yang lebih rendah lagi
- Torsi starting yang berkisar 300 %

2.3 Konsep Dasar Motor Induksi

Hukum Faraday $e = d\lambda/dt$, menjelaskan secara kuantitatif induksi tegangan oleh medan magnetik berubah waktu. Perubahan tenaga elektromagnetik terjadi pada saat perubahan fluks yang disebabkan oleh adanya gerakan mekanis. Pada saat mesin berputar, tegangan dibangkitkan pada lilitan atau sekelompok kumparan dengan memutar lilitan-lilitan tersebut secara mekanis melalui suatu medan magnetik dengan memuar secara mekanis suatu medan magnetik melalui lilitan, sehingga harga reluctance berubah-ubah sesuai putaran rotor (A.E.Fitzgerald, 1988)

Yang terdapat pada motor induksi umumnya meliputi stator serta rotor, rotor ialah yang menjadi komponen yang bergerak adapun stator ialah yang menjadi komponen yang diam ataupun tidak bergerak. Dengan antar rotor dengan stator ialah celah udara dengan jarak begitu sempit. Komponen motor induksi bisa terlihat digambar 2.3.(A.E.Fitzgerald, 1988)



Gambar 2.3 Komponen motor induksi

Konstruksi stator ialah yang menjadi komponen paling luar dari motor yang menjadi komponen yang mengalirkan arus fasa serta diam. Stator meliputi struktur

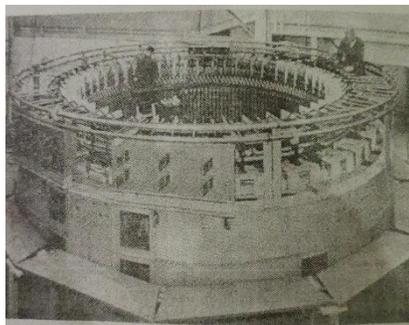
laminasi inti yang mempunyai beralur (slot) yang dijadikan tempat untuk sandaran kumparan yang bentuknya silindris dan dililitkan. Motor induksi mempunyai dua konstruksi pokok yakni:

1. Stator (dalamnya bagian)
2. Rotor (bagian yang bergerak)

Stator disambungkan ke catu daya tegangan AC. Rotor tidak disambungkan dengan listrik ke pencatu namun memiliki arus yang terinduksi didalamnya dari proses transformator. Maka stator terkadang disebut sebagai sekunder serta primer motor.

a. Stator

Dasar dari stator yang berasal dari berbagai lapisan pelat baja beralur yang dengan dukungan didalam rangka stator yang berasal dari pelat baja atau besi tunag yang dipabrikasi. Gulungan mirip dengan belitan stator generator sinkron dan ditempatkan di slot stator pada interval 120 derajat. Belitan fasa dapat berupa koneksi bintang atau delta. Gambar 2.4 menampilkan struktur stator.



Gambar 2.4 Stator dai sebuah motor induksi (A.E.Fitzgerald, 1988)

b. Rotor

Rotor motor sangkar tupai ialah struktur inti dengan beberapa lapis dengan konduktor dipasangkan sejajar dengan poros serta memutar bidang inti. Konduktor tidak diisolasi dari inti disebabkan arus rotor secara alami akan bergerak maju melewati konduktor rotor dengan hambatan paling kecil. Di tiap ujung rotor, konduktor rotor keseluruhannya terhubung pendek dengan cincin ujung. Konduktor rotor serta cincin ujung mirip dengan sangkar tupai yang beredar, oleh karena itu disebut seperti ini gambar 2.5 menampilkan struktur rotor motor induksi sangkar tupai. (W, 2001)



Gambar 2.5 struktur rotor motor induksi rotor sangkar

- a. Tipikal rotor sangkar
- b. Beberapa bagian rotor sangkar

Batang rotor serta cincin ujung dari motor sangkar tupai yang lebih kecil ialah aluminium pelat tunggal atau coran tembaga di inti rotor. Pada motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor, tetapi dimasukkan sedalam-dalamnya sampai tidak terlihat di alur rotor, dan selanjutnya dilakukan pengelasan yang kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor sangkar tupai tidak mesti diposisikan sejajar dengan poros motor,

namun sering kali miring. Hal ini membentuk torka yang lebih sesuai serta memangkas dengung motor saat dijalankan.

2.4 Kecepatan Medan Magnet Putar

Pada belitan dua kutub di gambar 2.6, bidang membikin satu perputaran penuh didalam siklus yang satu arus. Pada belitan kuadropol, masing-masing fasa memiliki dua set kumparan independen dengan penghubung seri. Dapat dilihat bahwa bidang magnet yang berputar membikin satu perputaran penuh didalam siklus dua arus. Pada belitan 6 kutub, bidang magnet membikin satu perputaran penuh didalam siklus tiga arus. Biasanya, bidang magnet membikin satu lingkaran penuh didalam periode $P/2$, atau,

$$\text{Siklus} = \frac{P}{2} \times \text{putaran atau}$$

$$\text{Siklus per detik} = \frac{P}{2} \times \text{putaran per detik}$$

Maka perputaran perdetiknya sama dengan perputaran permenit, perputaran (n) dibagi menjadi 60 dan jumlah siklus perdetik ialah frekuensi (f), sehingga:

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} = \frac{nP}{120} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$n = \frac{120f}{P}$$

$$Ns = \frac{120}{P} f$$

Kecepatan perputaran sesuai bidang magnet putar disebut kecepatan stator atau kecepatana sinkron dari motor tersebut.

2.5 Prinsip Kerja

Pengoperasian motor induksi tergantung pada bidang magnet berputar yang dihasilkan oleh arus stator di celah udara motor. Belitan stator tiga fasa dilakukan lilitan yang jaraknya 120 derajat dari belitan fasanya. (Listrik, 2019)

Prinsip kerja motor induksi yakni dengan penjelasan berikut ini:

1. Ketika sumber tegangan tiga fasa dipasangkan ke kumparan stator, muncullah bidang perputaran dibarengi kecepatan akan dihasilkan $Ns = \frac{120}{P} f$
2. Bidang perputaran stator yang berputar membagi batang konduktor di rotor.
3. Sehingga diakibatkan, di kumparan rotor muncul induksi (ggl) dengan besar:
4. Dikarenakan kumparan rotor adalah serangkaian yang ke tutup, ggl (E) dengan hasil yang dihasilkan arus (I).
5. Terdapat arus didalam bidang magnet memberikan gaya untuk motor.
6. Ketika kopel awal yang dibangkitkan oleh gaya (F) yang bekerja pada rotor lumayan besar sebagai pemikul kopel beban, maka rotor akan melakukan perputaran yang arahnya sama dengan bidang magnet perputaran stator.
7. Tegangan induksi dihasilkan sebab batang penghantar (rotor) dipotong oleh bidang putar stator. Ini berarti bahwa untuk tegangan induksi, harus ada perbedaan relatif diantara kecepatan putar rotor (nr) dan kecepatan medan putar stator (ns).
8. Kecepatan yang berbeda diantara ns serta nr dinamakan slip (s), dinyatakan sebagai:

$$S = \frac{ns - nr}{ns} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana : S = Slip
 N_s = Kecepatan sinkron
 N_r = Kecepatan

9. Ketika $n_s = n_r$, tidak ada tegangan yang diinduksi pada kumparan jangkar (rotor), dan tidak ada arus yang berpindah, sehingga tidak terjadi kopel. Ketika n_r kurang dari n_s , kopel motor akan terjadi.
10. Dari apa yang ditampilkan dari metode kerja, sehingga motor tak serempak penyebutannya yakni motor sinkron atau motor induksi.

2.6 Frekuensi Rotor

Apabila motor induksi dua kutub 60 Hz (kecepatan sinkron = 3600 rpm) berjalan dengan slip 5%, slip didalam perputaran per menit ialah 180 rpm atau $3600 \times 0,05$. Artinya satu pasang kutub stator melalui konduktor rotor tertentu 3 kali per detik atau 180 kali per menit. Jika satu pasang kutub pergerakannya melalui sebuah konduktor, satu siklus ggl akan diinduksi didalam konduktor. Sehingga, konduktor yang disampaikan di atas dapat menginduksikan ggl ke dalamnya, dan frekuensi rotor adalah 60 Hz. Sehingga lebih jelas, frekuensi rotor tergantung dengan slip. Semakin besar slip, semakin besar frekuensi rotor. Dan untuk tiap nilai slip, frekuensi rotor (f_r) sama dengan frekuensi stator (f_s) dikalikan dengan slip (S), dinyatakan sebagai desimal atau $f_r = S (f_s)$

Frekuensi rotor sangat dengan arti bahwa bila saja terdapat perubahan sehingga reaktansi rotor ($X_r = 2\pi f_r L_r$) juga ikut mengalami perubahan, artinya yang berengaruh terhadap ciri-ciri jalan motor maupun ciri-ciri start.

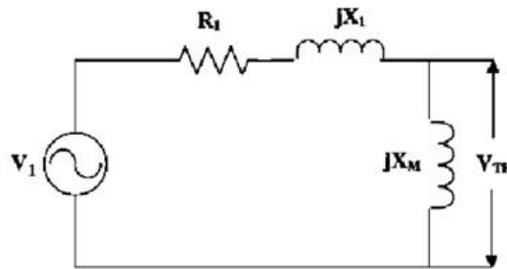
2.7 Torsi Pada Motor Induksi

Sesuai runtutan ekivalen serta diagram aliran daya motor induksi tiga fasa yang sudah didapatkan sebelumnya bisa menurunkan rumusan secara umum bagi torsi induksi yang berfungsi untuk kecepatan. Torsi motor induksi dengan persamaan :

$$\tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Rumus yang telah diuraikan begitu bermanfaat, dikarenakan kecepatan sinkron nilainya selalu konstan bagi setiap frekuensi dan jumlah kutub yang dari motor. Dikarenakan kecepatan sinkron selalu konstan, sehingga daya di celah udara menjadi penentu jumlah besar torsi induksi di motor. Agar dapat mengetahui besarnya arus I_2 , solusi paling sederhana dapat diselesaikan dengan penentuan rangkaian ekivalen Thevenin, agar dapat ditentukan rangkaian ekivalen Thevenin dari sisi input rangkaian ekivalen motor induksi, yang pertama sambungkan X's ke rangkaian terbuka (open circuit) dan selanjutnya tentukan terminal tegangan rangkaian terbuka. Agar dapat ditentukan impedansi Thevenin, hubung singkat tegangan fasa (short circuit) dan tentukan Z_{eg} yang sesuai dengan sisi dalam terminal.



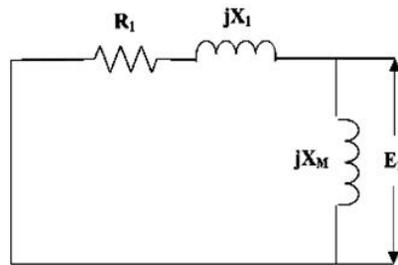
Gambar 2.7. Tegangan Ekvivalen Thevenin pada sisi rangkaian input

Berdasarkan gambar 2.7 dengan tampilan bahwasannya terminal di open circuit agar memperoleh tegangan ekivalen thevenin. Magnitud dari tegangan thevenin V_{th} ialah:

$$\frac{V_{TH}}{V_1} = \frac{X_m}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_m)^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dikarenakan reaktansi magnetic $X_m \gg X_1$ dan $X_m \gg R_1$, harga metode dari magnitud tegangan ekivalen thevenin :

$$\frac{V_{TH}}{V_1} \approx \frac{X_M}{x_1 + x_M} \dots\dots\dots(2.6)$$



Gambar 2.8. Impedansi Ekvivalen Thevenin untuk sisi rangkaian input

Dapat dilihat digambar 2.8 tegangan input terhubung singkat. Impedansi ekivalen thevenin pembentukannya oleh impedansi paralel yang ada pada dirangkaian impedansi thevenin yang diberi oleh :

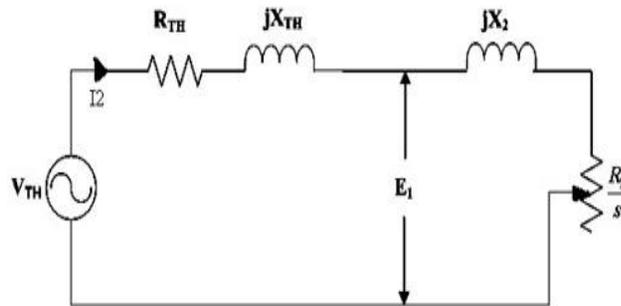
$$Z_{TH} = R_{TH} + jX_{TH} = \frac{jX_M(R_1 + X_M)}{R_1 + (x_1 + x_M)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dikarenakan $X_m \gg X_1$ serta $X_m + X_1 \gg R_1$, tahanan reaktansi thevenin secara metode

oleh : $R_{TH} \approx R_1$

$$X_{TH} \approx X_1$$

Gambar berikut memperlihatkan rangkaian ekivalen thevenin :



Gambar 2.8 Ranagkaian Ekivalen Thevenin Motor Induksi

Sesuai tampilan gambar arus I_2 yang diberi oleh :

$$I_2 = \frac{\overline{V_{TH}}}{R_{TH} + R_2/s + jX_{TH} + jX_2}$$

Magnitud dari arus

$$I_2 = \frac{\overline{V_{TH}}}{\sqrt{(R_{TH} + R_2/s)^2 + (X_{TH} + X_1)^2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

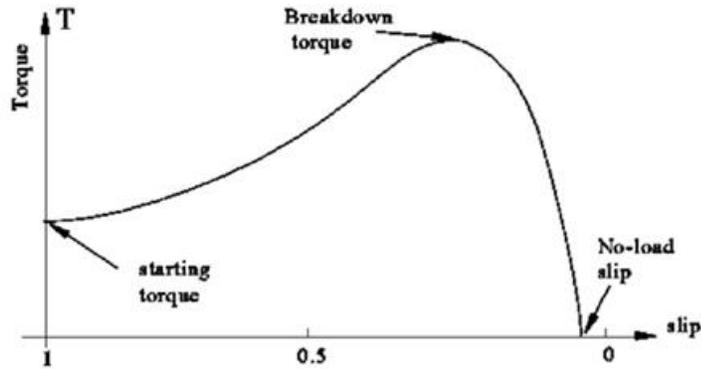
$$P_{AG} = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s}; P_{AG} = \frac{3 V_{TH}^2 R_2/s}{[(R_{TH} + R_2)^2 + (X_{TH} + X_2)^2]}$$

.....(2.9)

Dan untuk torsi induksi di rotor :

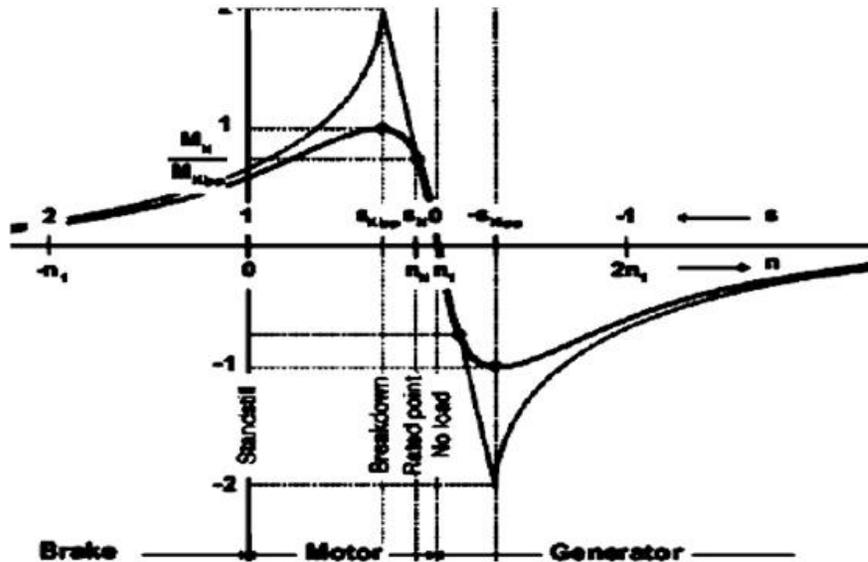
$$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}}; \tau_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 R_2/s}{\omega_{sync}[(R_{TH}+R_2)^2 + (X_{TH}+X_2)^2]} \dots\dots\dots(2.10)$$

Gambar kurva torsi kecepatan (slip) di motor induksi ditampilkan digambar berikut:



Gambar 2.9 Karakteristik Torsi – slip di motor induksi

Adapun kurva torsi kecepatan motor induksi yang menampilkan kecepatan diluar wilayah operasi normal dapat dilihat digambar berikut:



Gambar 2.10 Ciri-ciri torsi perputaran dimotor induksi untuk daerah-daerah operasi

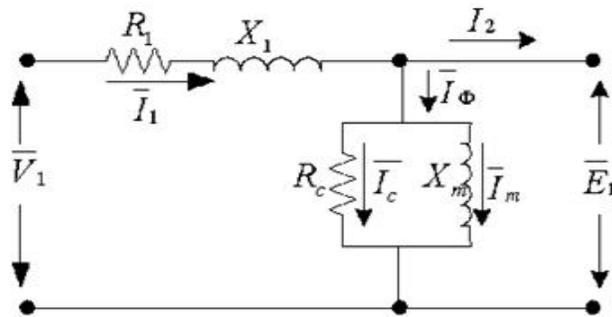
Sesuai dua kurva ciri-ciri motor induksi yang terdapat kesimpulan-kesimpulannya yakni:

1. Torsi motor induksi dapat menjadi nilai nol disaat kecepatan sinkron.
2. Kurva torsi kecepatan yang hampir dekat dengan liner antara beban penuh serta beban nol. Di wilayah ini, resistansi rotor jauh lebih besar daripada reaktansi rotor, sehingga bidang magnet rotor, arus rotor, serta torsi induksi naik secara linier dengan peningkatan slip.
3. Akan ada torsi maksimal yang tidak dapat terlampaui. Torsi ini dinamakan torsi breakdown atau torsi tarik, yaitu 2-3 kali torsi beban penuh yang dari motor.
4. Torsi awal motor sedikit lebih besar dari torsi beban penuh, sehingga motor akan mulai di bawah beban tertentu yang mendapatkan suplai dengan daya maksimum.
5. Torsi pada motor induksi akan menghasilkan nilai slip, yang bervariasi dengan harga kuadrat dari tegangan yang didapatkan. Hal ini begitu urgen untuk mengatur kecepatan motor.
6. Bila kecepatan gerak rotor motor induksi lebih cepat dari kecepatan sinkron, maka arah torsi induksi pada mesin berlawanan, dan mesin melakukan kerja menjadi generator, mengubah energi mekanik dan diubah dengan hasil energi listrik.
7. Bila motor induksi gerakannya mundur relatif terhadap arah bidang magnet, torsi induksi mesin akan dengan cepat mematikan mesin sarta akan melakukan percobaan perputaran lain arah. Dikarenakan pembalikan bidang magnet yang berputar adalah aksi switching dari dua fasa stator, metode ini

dapat dipergunakan sebagai metode yang begitu efektif untuk mematikan motor induksi. Untuk mematikan motor yang dinamakan sebagai plugging.

2.8 Rangkaian Eivalen Motor Induksi

Agar dapat memastikan rangkaian ekivalen bedasar pada motor induksi tiga fasa langkah awal dengan melihat kondisi stator.



Gambar 2.11 Rangkaian Ekivalen stator (Haryanto, 2014)

Besar tegangan terminal stator berbeda-beda dengan ggl yang berlawanan dengan besar yang jatuh tegangan di impedansi bocor stator, dan dapat dibuat dengan rumus

$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + X_1) \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.11)$$

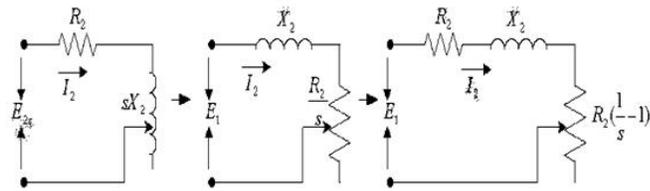
Dimana : V_1 = Tegangan terminal stator (Volt)

E_1 = ggl lawan yang dihasilkan oleh fluksi celah udara resultan volt

R_1 = Resistansi efektif stator (ohm)

X_1 = Reaktansi bocor stator (ohm)

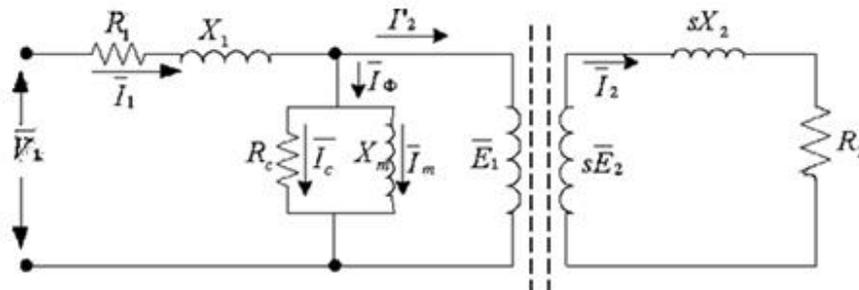
Perhatikan kedua rangkaian ekivalen pada rotor sebagai berikut :



Gambar 2.12 Rangkaian ekivalen rotor

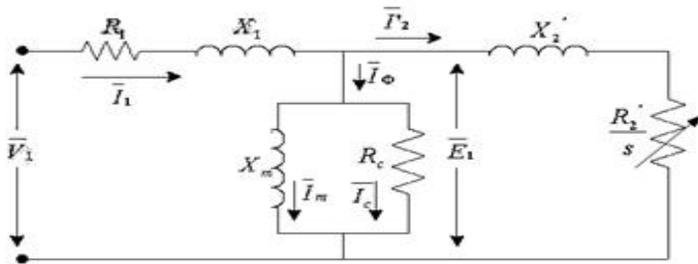
$$\frac{R_2}{s} = R_2 + R_2 \left(\frac{1}{s} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

Sesuai uraian tentang serangkaian ekivalen di rotor serta stator, sehingga bisa dibikin serangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa untuk setiap phasanya.



Gambar 2.13 Rangkaian ekivalen motor induksi dari sisi stator

Agar memudahkan didalam menghitungnya yang dapat terlihat dari sisi stator, rentetan ekivalen motor induksi tiga fasa bsia ditampilkan pada gambar dibawah:



Gambar 2.14 rentetan ekivalen metode motor induksi atau

Dimana :

$$X'_2 = a^2 X_2$$

R'	= $\alpha^2 R$
V_1/fasa	= tegangan masuk rotor
X_1	= reaktansi rotor
R_2	= tahanan rotor
X_2	= reaktansi rotor
R_c	= tahanan rangkaian magnetisasi motor
X_n	= reaktansi magnetisasi motor
$\frac{R_2}{s}$	= Menggambarkan tahanan yang diwakili beban yang

Nilai parameter rangkaian ekivalen motor didapatkan dari hasil mengukur laboratorium, daya keluaran dan lain sebagainya.

2.9 Slip

Selisih antara kecepatan medan magnet putar stator (N_s) dan kecepatan rotor (N_r) dinamakan dengan slip. Perubahan kecepatan motor akan menyebabkan ukuran slip berubah dari 100% menjadi 0% ketika diam (N_s) = (N_r). Dikarenakan slip, kecepatan relatif bidang magnet perputaran stator dan putaran rotor ialah $S \times N_s$. Frekuensi tegangan induksi pada rotor seimbang dengan perputaran bidang putar stator relatif atas putaran rotor. Korelasi diantara rekuensi slip bisa terlihat pada rumus dibawah:

Bila f_1 = frekuensi

$$f_1 = \frac{P \cdot N_s}{120} \quad \text{atau} \quad N_s = \frac{120 f}{P}$$

Di rotor berperan hubungan

$$f_2 = \frac{(N_s N_r)}{120} \text{ bila } f_2 = \text{frekuensi arus rotor sehingga} \quad f_2 = \frac{P N_s}{120} \times \frac{N_s N_r}{P}$$

$$\text{sebab} \quad S = \frac{N_s N_r}{120} \quad \text{serta} \quad f_1 = \frac{P N_s}{120}$$

Sehingga $f_1 = f_2$. S sebab disaat start $S = 100\%$, maka $f_2 = f_1$ sehingga dapat diketahui bahwasannya ketika start serta rotor belum memutar, frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus rotor. Ketika pada kondisi rotor memutar, frekuensi arus rotor mendapat pengaruh dari slip ($f_2 = f_1 \cdot S$). Dikarenakan tegangan induksi serta reaktansi kumparan rotor menjadi fungsi frekuensi, sehingga besaran juga dari pengaruh slip.

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \Phi_m$$

$$E_{2s} = 4,44 \cdot S \cdot f_1 \cdot N_2 \cdot \Phi_m$$

$$E_{2s} = S \cdot E_2$$

$$X_2 = 2\pi \cdot f_2 \cdot L_{2s}$$

$$X_{2s} = 2\pi \cdot S \cdot f_1 \cdot L_{2s}$$

$$X_{2s} = S \cdot X_2$$

Dengan: E_2 = tegangan induksi disaat rotor diam (start)

E_{2s} = tegangan induksi disaat rotor memutar

N_2 = nilai lilitan rotor

Φ_m = fluks perputaran maksimum

2.10 Daya Motor Induksi

Diagram aliran daya motor induksi jenis ini yang terdapat pada gambar 2.9, teruntuk model motor induksi yang dengan jelas menggambarkan bagaimana listrik yang menyuplai ke belitan stator dilakukan perubahan hingga dijadikan daya mekanik di rotor.

Daya input (P_{in}) pada belitan stator = $\sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi_1$, sebagian daya input dapat menghilang ataupun diubah menjadi panas, misalnya di tembaga stator serta inti stator. Di tembaga stator, daya dapat menghilang sekitar 3,5%, serta inti stator, daya akan kehilangan sekitar 2,5% sesuai dari daya input motor induksi. Bagian yang tersisa adalah sekitar 94%, serta daya ini diproses untuk menuju ke belitan rotor melalui induksi celah udara sekitar 3,5% daya yang diterima oleh rotor akan menghilang atau diubah menjadi panas, misalnya pada rotor tembaga, daya yang tersisa sekitar 90,5% dari daya input motor induksi, maka daya di sini akan menghilang lagi sekitar 2% karena terjadi gesekan angin yang mengakibatkan daya yang akan dilepaskan sebagai energi mekanik sekitar 88,5%. Di motor induksi, tidak terdapat daya listrik yang bisa langsung terkoneksi ke rotor, maka daya yang melalui celah udara sama dengan daya yang masuk kedalam rotor. Daya total yang masuk dikumparan stator (P_{in}) untuk rumusnya menjadi:

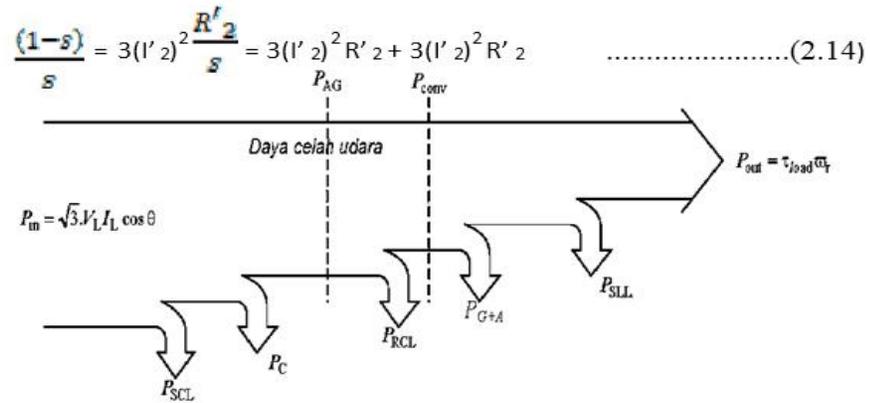
$$P_{in} = 3V_1 I_1 \cos\theta \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : V_1 = tegangan sumber (Volt)

I_1 = arus masukan (Ampere)

θ = perbedaan sudut fasa antara arus masukan dengan tegangan

Sebelum mentransmisikan daya melewati celah udara, yang dialami motor induksi ialah rugi-rugi dengan kondisi rugi-rugi inti stator (P_C) serta rugi-rugi tembaga stator (P_{SCL}). Daya yang ditransmisikan melewati celah udara (P_{AG}) sama dengan daya konversi (P_{conv}) dan nilai rugi tembaga rotor (P_{RCL}). Daya yang melewati celah udara biasanya dinamakan daya input rotor.



Gambar 2.16 Diagram aliran daya motor induksi

- Dimana :
- P_{SCL} = rugi-rugi tembaga pada belitan stator (Watt)
 - P_C = rugi-rugi inti pada stator (Watt)
 - P_{AG} = daya yang ditransfer melalui celah udara (Watt)
 - P_{RCL} = rugi-rugi tembaga pada belitan rotor (Watt)
 - P_{G+A} = rugi-rugi gesek + angin (Watt)
 - P_{SLL} = stray losses (Watt)
 - P_{conv} = daya mekanis keluaran (output) (Watt)

Korelasi diantaran daya masukan rotor dengan daya mekanis dan rugi-rugi tembaga rotor sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$P_{RCL} = 3 (I' 2)^2 R' 2 = s P_{AG} \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$P_{CONV} = 3 (I'_2)^2 \frac{(1-s)}{s} R'_2 = (1-s)_s P_{AG}(\text{watt}) \dots \dots \dots (2.16)$$

Berdasarkan pada gambar 8.1 bisa diketahui bahwasannya motor induksi juga mendapati rugi-rugi gesek + angin (P_{G+A}), maka daya mekanis keluaran sama dengan daya yang dikonversi (P_{CONV}) dikurangi rugi-rugi gesek + angin.

$$P_{out} = P_{conv} - P_{G+A}$$

Umumnya, komponen daya pada motor induksi yang diperbandingkan bisa diuraikan didalam wujud slip yakni $P_{GA} : P_{RCL} : P_{CONV} = 1 : s : 1-s$

2.11 Rugi-rugi dan Efisiensi Motor Induksi

Sedangkan rugi-rugi yang ada dimotor induksi bisa dibuat pengertian berdasar pada persamaan yang diuraikan pada rumus dibawah:

Rugi tembaga stator

$$P_{ts} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_1 \dots \dots \dots (2.17)$$

Rugi inti

$$P_i = \frac{3 \cdot E_1^2}{R_c} \dots \dots \dots (2.18)$$

Rugi tembaga rotor

$$P_{tr} = 3 \cdot E_1^2 \cdot R_2 \quad \text{Atau} \quad P_{tr} = S \cdot P_{cu} \dots \dots \dots (2.19)$$

Daya celah udara

$$P_{cu} = 3 \cdot I_2^2 \cdot \frac{R_2}{s} \dots \dots \dots (2.20)$$

Ataupun berdasar gambar 2.9 yang ada pada tampilan

$$P_{cu} = P_{in} - P_{ts} - P_i$$

Daya mekanik

$$P_{mek} = P_{cu} - P_{tr} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$P_{mek} = 3 \cdot I_2^2 \cdot \frac{R_2}{s} - 3 \cdot I_2^2 \cdot R'_2 \quad P_{mek} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R'_2 \left[\frac{1-s}{s} \right]$$

$$P_{mek} = P_{tr} \times \left[\frac{1-s}{s} \right]$$

Maka daya keluaran :

$$P_{out} = P_{mek} - P_{ag} - P_b$$

Sedangkan ketepatangunaan motor induksi

$$\Sigma P_{rugi} = P_{ts} + P_i + P_{tr} + P_{ag} + P_b$$

$$\eta(\%) = \frac{P_{in} - \Sigma P_{rugi}}{P_{in}} \times 100\% \quad \text{atau} \quad \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

2.11 Jatuh Tegangan (Voltage Drop =Vd)

Jatuh tegangan ialah perbezaan diantara tegangan pada terminal penerima dan tegangan pada terminal pemancar. Penurunan tegangan dengan sebab dari arus dan hambatan disaluran bolak-balik esarnya bergantung di penerimaan serta impedansi saluran, faktor daya serta beban. Penurunan tegangan dibuat dengan formula: (feriadianto, 2019)

$$V_d \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana :

V_s = Tegangan ujung pengirim (volt)

V_r = Tegangan ujung penerima (volt)

Banyak orang yang mengetahui, PLN menghasilkan tegangan dengan nominal 220/380 volt tiga fasa dalam bentuk gelombang sinus frekuensi 50 Hz. Besarnya daya ini berbeda-beda di masing-masing negara, misalnya di Amerika Serikat daya grid 110/60 Hz, dan seterusnya.

Dalam ketersediaan daya listrik, diperlukan tingkat standar tersendiri agar dapat membuat penentu sendiri mutu tegangan layanan. Umumnya, terdapat tiga poin yang harusnya bisa untuk dipertahankan mutunya:

1. Frekuensi (50 Hz)
2. Tegangan (220/380) volt \pm 5% - 10%
3. Keandalan

Pada ketersediaan daya listrik, klasifikasi beban dilakukan untuk pemenuhan keandalan dari mekanisme. Ketika karakteristik beban berubah, diperlukan untuk mengklasifikasikannya menurut berbagai faktor menonjol. Seperti, wilayah geografis. Padahal, daya listrik dari PLN bukan merupakan daya listrik sinus murni dengan mutu sempurna.

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan daya pada mekanisme distribusi yakni:

1. Pelanggan biasanya menggunakan alat-alat yang membutuhkan daya tinggi.
2. Lokasi pelanggan paling besar, membuat jarak antara setiap pelanggan dengan titik layanan berbeda-beda.
3. Poros layanan tidak bisa ditempatkan tersebar ataupun secara rata.

Beberapa faktor yang disampaikan akan membuat daya yang didapatkan pelanggan berbeda-beda. Pelanggan yang lebih jauh dari pusat layanan sering mendapatkan voltase yang lebih kecil daripada pelanggan yang lokasinya dekat dengan inti layanan. Stevenson, William D. 1993.

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, metode penelitian, dan prosedur penelitian. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk mengetahui kerusakan akibat ketidakseimbangan beban dan cara memperbaikinya. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut.

3.1 Waktu dan lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2019 di PT.YUMEIDA UTAMA yang beralamat di Jl.Langsa No.1 Medan Sumatera Utara. Yang dijadikan subjek dalam penulisan ini adalah motor induksi 3 fasa yang berfungsi sebagai motor salah satu penggerak lift barang di PT.Yumeida Utama dan penelitian akan mengambil data dari motor induksi pada lift barang.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah salah satu cara untuk memperoleh bahan teori dari berbagai referensi baik dari buku, jurnal ,atau dari data lapangan yang kebenarannya diakui oleh umum dan akurat, sehingga dapat dipertanggungjawabkan dalam penulisan ini.

Penulis melakukan beberapa metode dalam pengumpulan data yang akan dilakukan dalam penulisan ini. Berikut beberapa metode yang dilakukuan dalam penulisan ini :

a. Studi Literatur

Didalam kajian literatur diterapkan berupa memahami berbagai landasan teori tentang motor induksi tiga fasa serta teori kerusakan akibat ketidakseimbangan daya.

b. Pengumpulan data

Teknik ini diwujudkan dengan mengukur serta meneliti motor induksi tiga fasa di lift barang PT YUMEIDA UTAMA. Dan mendapatkan data atau informasi yang akurat untuk dilakukan analisa.

c. Analisa kerusakan

Teknik analisa ini diterapkan sesudah memperoleh data atau informasi teoritis yang terkait kerusakan yang disebabkan ketidak seimbangan daya motor induksi tiga fasa di lift barang, dan dapat menganalisis kerusakan motor induksi.

d. Perbaikan

3.4 Data Plate Motor Induksi

Berikut data pada motor induksi yang di uji pada lift barang di PT.Yumeida

Utama :

Nominal power : 5 HP / 3 KW

Tegangan : 220/380 Volt

Pole : 4 Kutub

Phasa : 3

Rpm : 1422 rpm

Faktor kerja : 0,84

Arus : 6,4 / 11,1 A

3.5 Data Pengukuran Pada Sumber Tegangan

Pada saat kerusakan pada motor induksi terjadi penulis melakukan pengukuran pada sumber tegangan masuk pada motor induksi. Hasil pengukuran adalah sebagai berikut. Phasa normal rata-rata 397, 365, 382 volt. Phasa netral 180, 220, 233 volt. Berikut tabel data yang dibuat manual jika diberikan beban 6 N-m, 5 N-m, dan 4 N-m, dengan V_d ataupun daya yang turun yang dilalui 8 %, 6 %, 4 %, 2 %.

a. Data pada beban 4 N-m

Untuk beban ini, diberi daya nominal PLN. Perubahan sumber tegangan ini seperti melalui jatuh daya senilai 2%, 4%, 6%, serta 8%, sesuai ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 3.5 Data pada beban 4 N-m

Vd (%)	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %
VI-l	383	380	372,4	364,8	357,2
Pin	2970	2942	2857	2779	2698
Iin	6,13	6,21	6,33	6,47	6,61
Nr (rpm)	1422,18	1421,19	1420,19	1420,25	1419,30

b. Data pada Beban 5 N-m

Untuk beban ini, diberi daya nominal PLN. Perubahan sumber tegangan ini seperti melalui jatuh daya senilai 2%, 4%, 6%, serta 8%, sesuai ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 3.6 data pada beban 5 N-m

Vd (%)	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %
VI-l	383	380	372,4	364,8	357,2
Pin	2930	2894	2832	2747	2668
Iin	6,20	6,33	6.46	6.59	6.74
Nr (rpm)	1421,99	1421,59	1420,76	1419,81	1418.84

c. Data Pada Beban 6 N-M

Untuk beban ini, diberi daya nominal PLN. Perubahan sumber tegangan ini seperti melalui jatuh daya senilai 2%, 4%, 6%, serta 8%, sesuai ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 3.7 Data pada beban 6 N-m

Vd (%)	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %
Vl-l	383	380	372,4	364,8	357,2
Pin	2992	2975	2890	2802	2716
Iin	6,31	6,46	6,59	6,72	6,86
Nr (rpm)	1421,99	1421,19	1420,34	1419,37	1418,37

BAB IV

HASIL ANALISIS

Pada bab ini, penulis akan melakukan analisa dampak dari ketidakseimbangan tegangan atas kinerja motor induksi tiga fasa berjenis squirrel-cage selama operasi. Melalui metode sistematis, dapat temukan sejauh mana jatuh tegangan yang mempengaruhi kinerja motor induksi. Agar memperoleh data atau informasi hitungan yang sebenarnya, pengkaji melakukan uji coba untuk menghitung, kemudian menggunakan data terukur untuk melakukan analisa sejauh mana penurunan tegangan mempengaruhi daya input motor (watt), arus input motor (I_{in}), dan kecepatan rotor (N_r). Selain itu, hasil data yang diukur dipergunakan untuk menghitung daya keluaran motor, slip motor, efisiensi motor akibat jatuh tegangan, dan rugi daya total.

4.1 Analisa Perhitungan dari data pengukuran

Hasil menganalisis tujuannya agar dapat diketahui sejauh mana pengaruhnya jatuh tegangan atas daya output, slip, efisiensi motor induksi tiga fasa, dan rugi-rugi serta analisis ini diterapkan untuk masing-masing beban.

4.1.1 Perhitungan pada Beban 4 N-m

- 1) Pada 0 % (Sesuai data tabel 3.5)
 - a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1422,18}{1500} \times 100 \% = 5,18 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1422,18}{60} = 148,85 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,85 = 595,4 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2970 - 595,4 = 2374,6 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595,4}{2970} \times 100 \% = 20,04 \%$$

2) Pada 2 % (Sesuai tabel 3.5)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1421,19}{1500} \times 100 \% = 5,25 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1421,19}{60} = 148,75 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,75 = 595 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2942 - 595 = 2347 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595}{2942} \times 100 \% = 20,22\%$$

3) Pada 4 % (sesuai data tabel 3.5)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1420,19}{1500} \times 100 \% = 5,32 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1420,19}{60} = 148,64 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,64 = 594,56 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2857 - 594,64 = 2262,44 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,64}{2857} \times 100 \% = 20,81\%$$

4) Pada 6 % (sesuai data tabel 3.5)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1420,25}{1500} \times 100 \% = 5,31\%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3.14 \times 1420,25}{60} = 148,65 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,65 = 594,6 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2779 - 594,6 = 2184,4 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,6}{2779} \times 100 \% = 21,37\%$$

5) Pada 8 % (sesuai data tabel 3.5)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1419,30}{1500} \times 100 \% = 5,38 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1419,30}{60} = 148,55 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,55 = 594,20 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2698 - 594,20 = 2103,8 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,20}{2698} \times 100 \% = 22,02\%$$

4.1.2 Perhitungan Pada Beban 5 N-m

1) Pada 0 % (sesuai data tabel 3.6)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1421,99}{1500} \times 100 \% = 5,20 \%$$

c. Daya output $P_{\text{out}} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1421,99}{60} = 148,83 \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{out}} = 4 \times 148,83 = 595,32 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2930 - 595,32 = 2334,68 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595,32}{2930} \times 100 \% = 20,31 \%$$

2) Pada 2 % (sesuai data tabel 3.6)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1421,59}{1500} \times 100 \% = 5,22\%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1421,59}{60} = 148,79 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,79 = 595,16 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2894 - 595,16 = 2298,84 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595,16}{2894} \times 100 \% = 20,56\%$$

3) Pada 4 % (sesuai data tabel 3.6)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1420,76}{1500} \times 100 \% = 5,28 \%$$

c. Daya output $P_{\text{out}} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3.14 \times 1420,76}{60} = 148,70 \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{out}} = 4 \times 148,70 = 594,8 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2832 - 594,8 = 2237,2 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,8}{2832} \times 100 \% = 21,00\%$$

4) Pada 6 % (sesuai data tabel 3.6)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1419,81}{1500} \times 100 \% = 5,34 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3.14 \times 1419,81}{60} = 148,60 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,60 = 594,4 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{rugi} = 2747 - 594,4 = 2122,44 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,4}{2747} \times 100 \% = 21,63 \%$$

5) Pada 8 % (sesuai data tabel 3.6)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1418,84}{1500} \times 100 \% = 5,41 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1418,84}{60} = 148,50 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,50 = 594 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{rugi} = 2668 - 594 = 1974 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594}{2668} \times 100 \% = 22,26 \%$$

4.1.3 Perhitungan pada Beban 6 N-m

1) Pada 0 % (sesuai data tabel 3.7)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1421,99}{1500} \times 100 \% = 5,20\%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1421,99}{60} = 148,83 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,83 = 595,32 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{rugi} = 2992 - 595,32 = 2396,68 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595,32}{2992} \times 100 \% = 19,89 \%$$

2) Pada 2 % (sesuai data tabel 3.7)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1421,19}{1500} \times 100 \% = 5,25 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1421,19}{60} = 148,75 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,75 = 595 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2975 - 595 = 1770125 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{595}{2975} \times 100 \% = 20 \%$$

3) Pada 4 % (sesuai data table 3.7)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1420,34}{1500} \times 100 \% = 5,31 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi Nr}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3.14 \times 1420,34}{60} = 148,66 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,66 = 594,64 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P_{\text{rugi}} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P_{\text{rugi}} = 2890 - 594,64 = 2295,36 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,64}{2890} \times 100 \% = 20,57 \%$$

4) Pada 6 % (sesuai data tabel 3.7)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1419,37}{1500} \times 100 \% = 5,37 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1419,37}{60} = 148,56 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,56 = 594,24 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2802 - 594,24 = 2207,76 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{594,24}{2802} \times 100 \% = 21,20\%$$

5) Pada 8 % (sesuai data tabel 3.7)

a. Kecepatan medan putar stator

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

b. Slip

$$S (\%) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \%$$

$$S (\%) = \frac{1500 - 1418,37}{1500} \times 100 \% = 5,44 \%$$

c. Daya output $P_{out} = T_b \cdot \bar{\omega}_r$

$$\omega_r = \frac{2\pi N_r}{60}$$

$$\omega_r = \frac{2 \times 3,14 \times 1418,37}{60} = 148,45 \text{ rad/s}$$

$$P_{out} = 4 \times 148,45 = 593,8 \text{ watt}$$

d. Rugi-rugi

$$\sum P \text{ rugi} = P_{in} - P_{out}$$

$$\sum P \text{ rugi} = 2716 - 593,8 = 2122,2 \text{ watt}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta (\%) = \frac{593,8}{2716} \times 100 \% = 21,86\%$$

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya Output, Slip, Efisiensi, Serta Rugi-Rugi Pada Beban 4N-M

Vdp (%)	VI-l (volt)	Pin (watt)	Is (amper)	Nr (rpm)	Slip (%)	Pout (watt)	Prugi (watt)	η (%)
0	383	2970	6,13	1422,18	5,18	595,4	2374,6	20,04
2	370	2942	6,21	1421,99	5,25	595	2347	20,22
4	372,4	2857	6,33	1420,19	5,32	594,64	2262,44	20,81
6	364,8	2779	6,47	1420,25	5,31	595,6	2184,4	21,37
8	357,2	2698	6,61	1419,30	5,38	594,20	2103,8	22,02

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya Output, Slip, Efisiensi, Serta Rugi-Rugi Pada Beban 5 N-M

Vdp (%)	VI-l (volt)	Pin (watt)	Is (amper)	Nr (rpm)	Slip (%)	Pout (watt)	Prugi (watt)	η (%)
0	383	2930	6,20	1421,19	5,20	595,32	2234,68	20,31
2	380	2894	6,33	1420,34	5,22	595,16	2298,84	20,56
4	372,4	2832	6,64	1419,37	5,28	594,8	2237,2	21,04
6	364,8	2747	6,59	1418,37	5,34	594,4	2122,44	21,63
8	357,2	2668	6,74	1417,30	5,41	594	1974	22,26

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya Output, Slip, Efisiensi, Serta Rugi-Rugi Pada Beban 6 N-M

Vdp (%)	Vl-l (volt)	Pin (watt)	Is (amper)	Nr (rpm)	Slip (%)	Pout (watt)	Prugi (watt)	η (%)
0	383	2992	6,31	1421,99	5,20	595,32	2396,68	19,89
2	380	2975	6,46	1421,19	5,25	5956	1770125	20
4	372,4	2890	6,59	1420,34	5,31	594,64	2295,36	20,57
6	364,8	2802	6,72	1419,37	5,37	594,24	2207,76	21,20
8	357,2	2716	6,86	1418,37	5,44	593,8	2122,2	21,86

4.2 Hubungan Terhadap Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Setelah melalui proses hitungan yang sesuai pada tabel, sehingga bisa dibuat suatu korelasi diantara arus input, daya input, daya output, efisiensi, kecepatan putar, rugi-rugi dan slip.

a. Hubungan Antara Daya Input Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Dari tabel yang dapat ditunjukkan diatas dapat dilihat bahwa jatuh tegangan motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap tegangan input motor induksi tiga fasa, misalnya untuk beban 4 Nm, jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa adalah 0% dari daya input motor induksi tiga fasa 2970 watt, jatuh tegangan adalah 8% dari daya input motor induksi tiga fasa jumlah fasa adalah 2698 watt, artinya makin besar jatuh tegangan sehingga makin besar daya input motor induksi tiga fasa, dengan kata lain penurunan tegangan grid sebanding dengan daya masukan motor induksi tiga fasa. Makin besar beban maka makin besar daya input motor induksi tiga fasa, makin

besar daya masukannya. Fasanya juga lebih besar, yang artinya ada hubungan yang berbanding lurus diantara beban dengan daya input motor induksi tiga fasa.

b. Hubungan Antara Arus Input Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap arus input pada motor induksi tiga fasa, misalnya beban 4 Nm, jatuh tegangan grid 0%, arus input motor induksi tiga fasa adalah 6,13 ampere serta jatuh tegangan grid adalah 8% arus input motor induksi adalah 6,61 ampere yang artinya makin besar jatuh tegangan maka makin besar arus input motor induksi tiga fasa. Penurunan tegangan sebanding dengan arus input motor induksi tiga fasa. Untuk beban yang lebih besar, arus input motor induksi tiga fasa yang dibutuhkan juga semakin besar. Artinya ada hubungan yang berbanding lurus diantara beban dan arus input motor induksi tiga fasa.

c. Hubungan Antara Kecepatan Putar Rotor Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap kecepatan motor induksi tiga fasa, misalnya ketika beban 4 Nm jatuh tegangannya 0%, kecepatan perputaran rotor motor induksi tiga fasa adalah 1422,18 rpm serta jatuh tegangannya 8% kecepatan perputaran rotor motor induksi tiga fasa adalah 1419,30 rpm yang artinya makin besar jatuh tegangan sehingga makin lambat atau kecil kecepatan rotor motor induksi tiga fasa yang artinya ada hubungan berlawanan kebalikannya diantara penurunan tegangan motor induksi tiga fase dan kecepatan. Sedangkan jika beban yang lebih besar, kecepatan putaran rotor motor induksi tiga

fasa akan menjadi lebih lambat ataupun lebih kecil, yang artinya beban berlawanan kebalikannya dengan kecepatan putaran rotor motor induksi tiga fasa.

d. Hubungan Antara Slip Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap slip pada motor induksi tiga fasa, misalnya ketika beban 4 N-m sehingga jatuh tegangan di motor induksi tiga fasa adalah 0% serta slip yakni 5,18 %. Jatuh tegangan adalah 8% slip motor induksi tiga fasa adalah 5,38% yang berarti makin besar jatuh tegangan sehingga slip motor induksi tiga fasa yang makin besar juga, artinya ada korelasi berbanding lurus yang berbanding lurus diantara jatuh tegangan dengan slip motor induksi tiga fasa.

e. Hubungan Antara Daya Output Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap daya output motor induksi tiga fasa, misalnya ketika beban 4 N-m dan jatuh tegangan jala-jala adalah 0 % daya output motor induksi tiga fasa adalah 595,4 watt serta jatuh tegangan adalah 8 % daya output motor induksi tiga fasa adalah 5934,20 watt yang artinya bahwa makin besar jatuh tegangan jala-jala sehingga daya output motor induksi tiga fasa yang makin kecil, sehingga ada hubungan yang berlawanan terbalik diantara daya output serta jatuh tegangan motor induksi tiga fasa.

f. Hubungan Antara Rugi-Rugi Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap rugi-rugi pada motor induksi tiga fasa, misalnya ketika beban 4 N-m dengan jatuh tegangan adalah 0% sehingga rugi-rugi pada motor induksi tiga fasa adalah 2374,6 watt, serta jatuh tegangan adalah 8% rugi-rugi motor induksi tiga fasa adalah 2103,8 watt, yang menunjukkan makin besar jatuh tegangan, sehingga makin besar rugi-rugi motor induksi tiga fasa, yaitu ada korelasi berbanding lurus diantara rugi-rugi motor induksi tiga fasa dan jatuh tegangan.

g. Hubungan Antara Efisiensi Dengan Jatuh Tegangan Pada Masing-Masing Beban

Jatuh tegangan pada motor induksi tiga fasa akan berpengaruh terhadap efisiensi motor induksi tiga fasa, misalnya ketika beban 4 N-m dan jatuh tegangan adalah 0 % efisiensi motor induksi tiga fasa adalah 20,4% dan jatuh tegangan adalah 8 % efisiensi motor induksi tiga fasa adalah 22,02% yang menunjukkan bahwa makin besar jatuh tegangan sehingga efisiensi motor induksi tiga fasa yang makin kecil, artinya ada korelasi berbanding terbalik diantara efisiensi motor induksi tiga fasa dan jatuh tegangan.

4.3 Perbaikan Ketidakeimbangan Tegangan

Langkah yang dilakukan dalam perbaikan adalah :

1. Memperbesar diameter penghantar atau kabel tujuan mengurangi toleransi jatuh tegangan .
2. Setiap penambahan beban baru perlu dilakukan pengukuran atau menghitung arus beban setiap fasa sebelum pemasangan
3. Memasang AVR (AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR) pada sisi masukan tegangan tujuannya untuk mendapatkan tegangan yang ideal pada motor induksi 3 fasa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Untuk bab ini menjelaskan saran serta kesimpulan, dan untuk simpulan yakni dengan penjelasan hasil simulasi analisis hitungan. Saran ialah model yang dapat dilakukan agar tegangan tetap terjaga dan tetap stabil serta tidak mendapati yang mengganggu ketidakseimbangan tegangan yang diakibatkan jatuh tegangan.

5.1 KESIMPULAN

Berdasar hasil analisis hitungan data atau informasi, sehingga pengkaji bisa membuat simpulan yang disajikan dalam hal-hal berikut ini, yaitu:

1. Dengan hasil analisis ketika mengalami jatuh tegangan di motor induksi tiga fasa sehingga slip, arus input, efisiensi, dan daya output motor induksi tiga fasa yang makin besar.
2. Jatuh tegangan di motor induksi tiga fasa sehingga daya input, daya output, kecepatan putar rotor, motor induksi tiga fasa yang makin kecil.
3. Semakin besar di motor induksi tiga fasa sehingga arus input, daya input, daya output, serta slip motor induksi tiga fasa yang makin besar.
4. Semakin besar beban di motor induksi tiga fasa sehingga kecepatan perputaran rotor motor induksi tiga fasa yang makin kecil.
5. Beban serta Jatuh tegangan bisa berpengaruh terhadap efisiensi motor induksi.

5.2 SARAN

Agar memperoleh tegangan yang sesuai standar dimotor induksi 3 fasa sehingga dibutuhkan pemasangan AVR (Automatic Voltage Regulator) pada sisi masukan tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.E.Fitzgerald. (1988). *Mesin-Mesin Listrik , edisi keempat*. McGraw-Hill: Penerit Erlangga.
- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- feriadianto. (2019, Agustus 08). *Ketidakseimbangan Tegangan dan Pengaruhnya* . Dipetik September 06, 2021, dari wordpress.com: <https://feriadianto.wordpress.com/2019/08/19/ketidakseimbangan-tegangan-dan-pengaruhnya/>
- Haryanto, H. (2014). Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA. *SETRUM – Volume 3* , ISSN : 2301-4652.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Listrik, M. (2019, Mei). *Pengertian Motor Listrik 3 Fasa dan Prinsip Kerjanya*. Dipetik September 04, 2021, dari <https://www.edukasikini.com/>: <https://www.edukasikini.com/2019/05/pengertian-motor-listrik-3-fasa-dan.html>
- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 867-873.
- Masdi. (2018). *Pemeliharaan Motor Listrik*. Padang.
- W, M. (2001). *Dasar-Dasar Mesin Lstrik*. Jakarta: Penerit Erlangga.
- Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Tarigan, A. D., & Pulungan, R. (2018). Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 10-15.