



TESIS - EE185401

**DETEKSI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA
MENGUNAKAN SENSOR EKSTERNAL FLUKS**

FIDYA EKA PRAHESTI
07111850010007

DOSEN PEMBIMBING
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TESIS - EE185401

**DETEKSI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR EKSTERNAL
FLUKS**

FIDYA EKA PRAHESTI
07111850010007

DOSEN PEMBIMBING
Dimas Anton Asfani, ST., MT., Ph.D.
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Fidya Eka Prahesti

NRP: 07111850010007

Tanggal Ujian: 06 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Dimas Anton Asfani, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 198109052005011002

2. Dr.Eng. I Made Yulistya Negara, S.T, M.Sc
NIP: 197007121998021001

Penguji:

1. Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197311192000031001

2. Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T
NIP: 196308171990031001

3. Dr. Ir. Ni ketut Aryani, MT
NIP: 196509011991032002

Kepala Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Dedet Candra Riawan, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197311192000031001



Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul "**DETEKSI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA MENGGUNAKAN SENSOR EKSTERNAL FLUKS** " adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 18 Januari 2020



Fidya Eka Prahesti

NRP. 07111850010007



Halaman ini sengaja dikosongkan

DETEKSI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN SENSOR EKSTERNAL FLUKS

Nama mahasiswa : Fidyta Eka Prahesti
NRP : 07111850010007
Pembimbing : 1. Dimas Anton Asfani ST., MT., Ph.D.
2. Dr. Eng. I Made Yuilstya Negara, S.T., M.Sc.


ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan deteksi gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi menggunakan analisis pengukuran fluks bocor. Sinyal fluks bocor yang keluar pada badan motor akan dideteksi oleh sensor eksternal fluks, yang terdiri dari probe sensor koil dan Gauss-meter.

Pengukuran fluks bocor dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi normal dan kondisi saat mengalami gangguan hubung singkat. Pengambilan data dilakukan ketika sistem berada dalam kondisi tunak (*steady state*). Rekontruksi gangguan hubung singkat dibuat dengan memodifikasi salah satu slot belitan agar dapat dikeluarkan dari badan motor. Pada pengujian, terdapat tiga variasi penggabungan belitan (*tapping*) gangguan hubung singkat dalam satu fasa belitan (*interturn*) yaitu 2 belitan, 4 belitan, dan 8 belitan. Selain itu dilakukan variasi pembebanan disetiap kasus untuk mengetahui faktor pembebanan pada keberhasilan deteksi gangguan. Data dari hasil pengujian diolah menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengetahui nilai amplitudo harmonisa pada beberapa frekuensi. Selain sinyal fluks bocor, peneliti menambahkan analisis deteksi gangguan melalui arus stator untuk digunakan sebagai pembanding hasil eksperimen.

Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa pada pembebanan 0%, presentase keberhasilan deteksi gangguan menggunakan sinyal fluks bocor sebesar 82,67% dan untuk pembebanan beban penuh presentase keberhasilan deteksi menurun menjadi 63,33%. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa metode deteksi berdasarkan sinyal fluks bocor berhasil mendeteksi gangguan. Sedangkan pada sinyal arus stator presentase keberhasilan deteksi gangguan tanpa beban sebesar 42,67% dan pada pembebanan 100% presentase keberhasilan deteksi gangguan sebesar 63,67%.

Kata kunci: Arus stator, fluks bocor, FFT, gangguan hubung singkat, motor induksi, dan sensor koil.

A large, faint watermark is centered on the page. It consists of a gear-like outer border with a torch or flame-like shape in the center. The text is overlaid on this watermark.

Halaman ini sengaja dikosongkan

FAULT DETECTION OF SHORT CIRCUIT ON THE MOTOR INDUCTION STATOR WINDING USING FLUX EXTERNAL SENSOR

By : Fidya Eka Prahesti
Student Identity Number : 07111850010007
Supervisors : 1. Dimas Anton Asfani ST., MT., Ph.D.
2. Dr Eng. I Made Yulistya Negara, S.T, M.Sc


ABSTRACT

In this research, the detection of short circuit disturbance on the stator winding of an induction motor has been carried out using analysis of leakage flux measurements. Leaked flux signals coming out of the motor frame will be detected by an external flux sensor, which consists of a coil sensor probe and Gauss meter.

Measurement of leakage flux is done in two conditions, normal conditions and when experiencing short circuit interference. Data retrieval is done when the system is in a steady state. The short circuit fault reconstruction is made by modifying one of the winding slots so that it can be removed from the motor body. In testing, there are three variations of the merging of the windings (tapping) short circuit interference in one phase of the windings (inter-turn), namely 2 turns, 4 turns, and 8 turns. In addition, variations in loading were carried out in each case to determine the loading factor on the success of the detection of interference. Data from the test results are processed using the Fast Fourier Transform (FFT) method to determine the value of harmonic amplitude at several frequencies. In addition to the leakage flux signal, the researchers added an analysis of the measurement of the stator current to be used as a comparison of experimental results.

The results of the experiment show that at 0% loading, the percentage of successful detection of disturbances using a leakage flux signal was 82.67% and for a full load, the percentage of detection success decreased to 63.33%. From these results, it can be said that the detection method based on the leaky flux signal successfully detects interference. Whereas on the stator current signal the percentage of successful detection of disturbances without load is 42.67% and at 100% loading the percentage of interference detection success is 63.67%.

Keywords: Induction motor, short circuit fault, leakage flux, stator current, FFT, and coil sensor.

A large, faint watermark is centered on the page. It consists of a gear-like outer border with a torch in the center. The torch has a flame at the top and a handle at the bottom. The entire watermark is rendered in a light gray color.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR


Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT karena atas limpahan karunia rahmat-Nya sehingga karya akhir yang berjudul “Deteksi Gangguan Hubung Singkat Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Sensor Eksternal Fluks” ini dapat terselesaikan dengan baik tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dimas Anton Asfani, S.T, M.T, Ph.D dan Bapak Dr. I Made Yulistya Negara, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing tesis saya atas kesediaan dan kesabara dalam memberikan bimbingan dan ilmu pada penulis.
2. Para dosen dan karyawan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang banyak membantu dalam proses perkuliahan.
3. Seluruh keluarga besar saya, orang tua, adek atas segala doa dan dukungan yang diberikan.
4. Untuk suamiku Hendrik Saputro yang selalu ada dalam mendukung dan memberi motivasi kepada saya di setiap waktu.
5. Mas Belly, mbak Nurul, Sulaimi, Fitroh, Dicky, dan Bima selaku tim penelitian satu topik.
6. Teman-teman pascasarjana teknik sistem tenaga ITS 2018 atas kebersamaan selama ini, dan rekan-rekan lainnya (Nunu-Makassar, Arum-Pekanbaru, Nisa-Lamongan, Luki-Surabaya, Eki-Sidoarjo, Memet-Surabaya, Muhammad-Mesir, Fathur-Kendari, Rey-Surabaya, Nurdin -Nganjuk).
7. Ayu sekar manik teman sekamar kos gebang wetan, dan lain-lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, segala kritik dan saran penulis perlukan demi penyempurnaan karya akhir ini, dan semoga karya akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 18 Januari 2020

Fidya Eka Prahesti



Halaman ini sengaja dikosongkan


DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kontribusi	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 Motor Induksi 3 Fasa	5
2.2 Gangguan Hubung Singkat	7
2.3 <i>Motor Current Signature Analysis</i>	8
2.4 Analisis Fluks	9
2.5 <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Diagram alir Penelitian	13
3.2 Konfigurasi sistem	14

3.3	Pembebanan Motor Induksi 3 Fasa	16
3.4	Proses Pengambilan Data	17
3.5	Cara Kerja Sensor Fluks	19
3.6	Proses Akuisisi Data.....	21
3.7	Rekrontuksi Kerusakan Belitan Stator	22
3.8	Perancangan Ekperimen Deteksi Gangguan.....	25
3.9	Proses Pengolahan Data	26
BAB 4 HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA.....		29
4.1	Perhitungan Presentasi Pembebanan	29
4.2	Arus Stator Pada Motor Normal dan Hubung Singkat Belitan Stator	30
4.3	Pengukuran Slip Motor.....	31
4.4	Analisis Letak Harmonisa Frekuensi Hubung Singkat Belitan Stator	32
4.5	Hasil Analisis Deteksi Gangguan Pada Sinyal Fluks.....	33
4.5.1	Mencari nilai ambang batas (<i>threshold</i>) dari data pengukuran sinyal fluks motor normal	34
4.5.2	Proses pendeteksian gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks.....	35
4.5.3	Presentase Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks	37
4.6	Hasil Analisis Deteksi Gangguan Pada Sinyal Arus Stator Motor	39
4.6.1	Mencari ambang batas (<i>threshold</i>) dari data pengukuran sinyal arus stator motor normal.....	39
4.6.2	Proses pendeteksian gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator.....	40
4.6.3	Presentase keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator	42
BAB 5 KESIMPULAN.....		45

DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	73
DAFTAR INDEX.....	75



A large, faint watermark is centered on the page. It consists of a gear-like outer border with a torch or flame-like shape in the center. The watermark is light gray and serves as a background for the text.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Motor induksi 3 fasa, (b) Komponen motor induksi stator dan rotor	7
Gambar 2.2	Diagram Proses Kegagalan Motor	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	Konfigurasi Sistem deteksi hubung singkat stator.....	14
Gambar 3.3	Motor induksi 3 fasa.....	15
Gambar 3.4	Generator Sinkron 3 Fasa	16
Gambar 3.5	Perangkat beban lampu pijar.....	17
Gambar 3.6	Tachometer	18
Gambar 3.7	Gauss-meter	18
Gambar 3.8	<i>Power Quality and Motor Analyzer Fluke</i>	19
Gambar 3.9	Konstruksi probe Gauss-meter[13].....	20
Gambar 3.10	Alat akuisisi data arus merk NI-DAQ 9246	21
Gambar 3.11	Alat akuisisi data tegangan merk NI-DAQ 9775.....	22
Gambar 3.12	Rangkaian belitan wye dan belitan yang dikeluarkan untuk di hubung singkat	23
Gambar 3.13	Rekonstruksi motor induksi 3 fasa hubung singkat belitan stator .	23
Gambar 3.14	Implementasi sistem deteksi gangguan hubung singkat belitan stator	25
Gambar 4.1	Hasil simulasi FFT menggunakan Matlab.....	33
Gambar 4.2	Penentuan amplitudo frekuensi ambang batas motor normal.....	34
Gambar 4.3	Grafik data ambang batas sinyal fluks motor normal	35
Gambar 4.4	Pengumpulan data motor gangguan hubung singkat	35
Gambar 4.5	Perbandingan amplitudo data motor normal dan motor gangguan hubung singkat	36
Gambar 4.6	Grafik data ambang batas sinyal arus stator motor normal	40
Gambar 4.7	Grafik perbandingan amplitudo data motor normal dan dua data motor gangguan hubung singkat.	40


Gambar 4.8 Grafik perbandingan amplitudo data motor normal dan dua data motor gangguan hubung singkat yang tidak terdeteksi gangguan. . 41

Gambar 4.9 Presentase keberhasilan fluks mendeteksi gangguan berdasarkan keparahan gangguan 43



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa.....	15
Tabel 3.2	Spesifikasi Generator 3 Fasa AC Sinkron.....	17
Tabel 3.3	Data percobaan penelitian deteksi gangguan.....	24
Tabel 4.1	Skema pengambilan data.....	29
Tabel 4.2	Presentase pembebanan pada motor induksi	30
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran arus stator motor normal dan hubung singkat belitan stator.....	31
Tabel 4.4	Hasil pengukuran slip pada kondisi hubung singkat belitan stator	31
Tabel 4.5	Frekuensi gangguan hubung singkat	33
Tabel 4.6	Presentase keberhasilan sinyal fluks untuk mendeteksi gangguan hubung singkat	37
Tabel 4.7	Presentase keberhasilan fluks mendeteksi gangguan berdasarkan keparahan gangguan.....	38
Tabel 4.8	Presentase keberhasilan sinyal fluks untuk mendeteksi gangguan hubung singkat	42



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

A. SINGKATAN

MCSA	:	<i>Motor Current Spectrum Analysis</i>
FFT	:	<i>Fast Fourier Transform</i>
DFT	:	<i>Discrete Fourier Transform</i>
DC	:	<i>Direct Current</i>
AC	:	<i>Alternating Current</i>
HP	:	<i>Horse power</i>
DAQ	:	<i>Data acquisition system</i>
ADC	:	<i>Analog to Digital Converter</i>
TDMS	:	<i>Technical Data Management Streaming</i>
VI	:	<i>Virtual Instruments</i>
SC	:	<i>Short Circuit</i>
3D	:	<i>3 Dimension</i>
ELF	:	<i>Extremelly Low Frequency</i>

B. SIMBOL

p	:	Jumlah kutub
F	:	Gaya
I	:	Arus
n_s	:	Kecepatan sinkron
n_r	:	Kecepatan rotor
f_{supply}	:	Frekuensi sumber (50 hz)
f_{sc}	:	Frekuensi hubung singkat
s	:	Slip
π	:	Nilai derajat dalam setengah ayunan
V_{in}	:	Tegangan medan magnet
N	:	Banyak lilitan
\emptyset	:	Fluks magnetik

I_m	:	Nilai puncak dari frekuensi fundamental dari masing-masing arus fasa
ω	:	Frekuensi elektrik fundamental (<i>rad/s</i>)
t	:	waktu (detik)
V_{sc}	:	Konstanta (1, 2, 3, . . .)
K_{sc}	:	Konstanta interger (1, 3, 5, 7, . . .)
$X(k)$:	Sinyal diskrit
H_p	:	Satuan daya setara 0,735 kilowatt
A (Amp)	:	Satuan arus ampere
V (Volt)	:	Satuan tegangan dalam volt
rpm	:	Satuan kecepatan dalam putaran per menit
Hz	:	Satuan frekuensi
A_{mb}	:	<i>Maximum ambient temperature in centigrade</i>
Ins	:	Kelas isolasi pada motor
dB	:	Satuan desibel
kW	:	Satuan kilo watt
mG	:	Satuan mili gauss
μT	:	Satuan mikro tesla
kS/s	:	Satuan sampling data

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi adalah salah satu jenis motor AC yang mempunyai prinsip kerja menghasilkan tegangan induksi dari medan magnet yang dibangkitkan stator. Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang populer digunakan pada kehidupan sehari-hari dan berbagai jenis sektor industri. Keberadaan motor induksi berperan penting untuk mempermudah setiap proses berjalan dengan lancar. Seiring dengan lama pemakaian motor, maka kerusakan pada setiap komponen motor sangat memungkinkan untuk terjadi. Oleh karena itu perlu pemantauan untuk menjaga keamanan, efisiensi, dan kinerja motor induksi [1].

Terdapat empat jenis gangguan yang terjadi pada motor, yaitu gangguan kelistrikan, gangguan mekanis, gangguan bearing, dan gangguan dari pelumas motor. Gangguan kelistrikan adalah gangguan yang disebabkan karena beberapa hal di antaranya: urutan fasa terbalik, gangguan ke tanah, gangguan hubung singkat belitan rotor atau stator, dan ketidakseimbangan beban antar fasa, untuk gangguan mekanis adalah gangguan yang disebabkan karena komponen menakis dalam motor tersebut, seperti: rotor tidak seimbang, benda asing di celah udara, celah udara tidak rata, rotor yang bergeser mengenai stator dan gangguan lainnya. Dalam survei gangguan yang telah dilakukan bahwa presentase gangguan yang sering terjadi pada komponen motor induksi biasanya terjadi pada [2-4]:

1. Stator 38%
2. Bearing 40%
3. Rotor 10%
4. Dan lainnya 12%

Dari berbagai jenis gangguan yang telah dijabarkan sebelumnya, gangguan hubung singkat pada belitan kumparan stator termasuk gangguan internal yang sulit untuk dideteksi. Awal mula gangguan ini terjadi saat kegagalan isolasi pada antar belitan yang berujung menjadi gangguan hubung singkat. Pada kasus lain, muncul

percikan api (*arc flash*) pada kumparan juga dapat menghubungkan dua belitan yang saling berdekatan. Kerusakan yang terjadi pada belitan stator ini, dapat menyebabkan ketidak normalan putaran motor induksi sehingga terdapat perubahan arus pada stator yang tidak simetri, menimbulkan fluks yang terbangkitkan menjadi tidak seimbang. Perubahan fluks ini dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi [5].

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan pendeteksi gangguan hubung singkat dengan berbagai metode, diantaranya pada refrensi [6] peneliti membuat desain peralatan pendeteksi gangguan hubung singkat belitan stator motor induksi menggunakan arus online berbasis mikrokontroler. Penelitian tersebut mengukur tegangan, temperatur, arus, dan kecepatan untuk mendeteksi gangguan belitan pada motor induksi. Dari hasil penelitian tersebut terdapat variasi pembebanan yang meningkat membuat tegangan akan menurun. Gangguan hubung singkat pada belitan stator menyebabkan arus akan naik, temperatur pada motor akan naik dan kecepatan motor pun akan menurun [7]. Dari metode yang telah dilakukan, penelitian tersebut menjadi rumit dan kurang efisien untuk dipraktekkan pada keadaan nyata, karena membutuhkan banyak komponen yang harus disiapkan dan hasil yang tidak terlalu signifikan.

Pendeteksian gangguan hubung singkat, banyak menggunakan metode analisis pada arus stator atau dikenal dengan sebutan *Motor Current Spectrum Analysis* (MCSA). Metode ini digunakan untuk mengamati karakteristik spektrum frekuensi pada arus stator. Metode ini sering digunakan, karena kemudahan dalam mengimplementasikan dan tidak memerlukan biaya yang mahal [8].

Di beberapa penelitian telah mengembangkan metode lain untuk mendeteksi gangguan pada motor induksi. Analisis medan magnet menggunakan sensor eksternal fluks bocor (*stray flux*) telah populer digunakan karena metode ini memiliki kelebihan dalam kesederhanaan dan pengimplementasian untuk mendiagnosis secara non-invansif [9-11]. Berdasarkan [9-12] beberapa peneliti telah menggunakan fluks bocor untuk mendeteksi gangguan hubung singkat belitan stator dengan menggunakan sensor fluks berjenis koil. Sensor fluks yang digunakan

tidak dijelaskan secara detail bagaimana fisik sensor tersebut dan letak penggunaan. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan jenis sensor fluks 3D koil udara (*air coil*) untuk menangkap sinyal fluks yang keluar dari badan motor. Dalam setiap percobaan peneliti menambahkan beberapa variasi pembebanan di setiap kondisi motor normal maupun motor gangguan untuk mengetahui apakah pembebanan berpengaruh dalam mendeteksi gangguan. Selain itu penelitian ini menggunakan jenis sampling frekuensi rendah 5 kHz dan pengambilan 50.000 data setiap detik. Dalam pengolahan data eksperimen, algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) dipilih untuk menganalisis spektrum dari arus stator dan fluks bocor menggunakan beberapa tambahan peralatan seperti *National Instrument-Data Acquisition* (NI-DAQ) yang dilengkapi dengan perangkat lunak LabVIEW, DIAdem, dan Matlab.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut,

1. Bagaimana menganalisis gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi.
2. Bagaimana menganalisis pembebanan yang berbeda-beda terhadap kinerja motor.
3. Menganalisis perbandingan jenis arus saat terjadi gangguan hubung singkat belitan stator motor induksi.
4. Menganalisis perbedaan besaran fluks saat terjadi gangguan hubung singkat belitan stator motor induksi.

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana eksperimen gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi.
2. Mengetahui dampak pembebanan yang berbeda terhadap kinerja motor.
3. Memahami karakteristik arus pada motor saat terjadi gangguan hubung singkat pada stator motor industri.

4. Memahami karakteristik fluks pada motor saat terjadi gangguan hubung singkat pada stator motor industri.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pada penelitian ini, maka batasan dan asumsi diberikan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan motor induksi 3 fasa.
2. Gangguan yang diteliti adalah hubung singkat pada belitan stator motor induksi 3 fasa menggunakan metode menghubungkan dua belitan menggunakan kabel penghubung.

1.5 Kontribusi

Penelitian ini memberikan kontribusi untuk mendeteksi gangguan hubung singkat stator motor induksi 3 fasa menggunakan sensor eksternal fluks dengan teknik kecepatan pengambilan sampling data 5 kHz/s (*low sampling rate*).

BAB 2

DASAR TEORI

Gangguan pada motor adalah sesuatu yang harus diminimalisir terutama untuk sektor industri. Karena motor merupakan salah satu aset yang harus dijaga terhadap gangguan yang tak terduga sehingga menimbulkan kerusakan (*breakdown*) dan berujung menambah biaya untuk perbaikan. Pada bab ini akan dibahas mengenai deteksi gangguan hubung singkat yang sering terjadi di motor induksi, menggunakan metode analisis fluks bocor dengan meletakkan sensor fluks di luar badan motor. Selain itu metode MCSA juga digunakan sebagai pembanding dalam eksperimen deteksi gangguan hubung singkat ini. Pengambilan data menggunakan NI DAQ yaitu NI 9775 untuk mengukur tegangan dari sensor fluks dan NI 9246 untuk mengukur arus stator. Pengolahan dari kedua *Data Acquisition* (DAQ) tersebut akan diolah menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu LabVIEW, DIAdem, dan Matlab. Analisis data menggunakan algoritma FFT untuk mengubah sinyal arus dan fluks dari domain waktu menjadi frekuensi.

2.1 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah salah satu jenis motor AC tiga fasa yang sering digunakan pada sektor industri. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki kelebihan pada bentuk yang sederhana dengan konstruksi yang kuat, efisien tinggi, biaya perawatan yang murah dan handal, serta perawatan yang minimum. Motor induksi 3 fasa juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya: kecepatan motor yang sulit dikontrol karena tergantung pada frekuensi jaringan listrik, faktor daya yang rendah pada beban ringan, dan juga arus awal yang besar yakni 3-7 kali dari arus nominal.

Prinsip kerja motor induksi menggunakan konsep induksi medan magnet. Arus yang mengalir pada stator akan menimbulkan medan putar yang akan membangkitkan fluks pada rotor dan membuat rotor berputar. Jika arus yang mengalir pada stator seimbang maka akan membangkitkan fluks yang simetris. Saat ada gangguan di belitan stator seperti gangguan hubung singkat, maka akan

menimbulkan perbedaan arus di setiap fasa. Perbedaan inilah yang mengakibatkan terbangkit fluks yang tidak simetris. Sehingga muncul fluks bocor di sekitar motor.

Kecepatan rotor selalu mendekati medan putar. Karena fluks yang terbangkitkan pada rotor mengalami keterlambatan (*lagging*) dengan fluks pada stator. Kecepatan medan putar disebut kecepatan sinkron, dimana untuk motor induksi dengan jumlah kutub (p), adalah:

$$n_1 = \frac{120 \cdot fs}{p} \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk kecepatan rotor mengalami keterlambatan dari kecepatan stator:

$$n = n_1 - \frac{120 \cdot fs}{p} \quad (2.2)$$

Perbedaan kecepatan sinkron dan kecepatan rotor disebut dengan slip motor. Oleh karena itu slip motor dapat ditulis sebagai berikut:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

S : Slip motor

n_1 : Kecepatan sinkron (kecepatan medan stator)

n : Kecepatan rotor

Kecepatan sinkron tergantung pada jumlah kutub motor dan frekuensi dari tegangan sumber. Sedangkan kecepatan medan rotor tergantung kecepatan sinkron dan juga beban motor, semakin tinggi beban motor maka slip menjadi tinggi dan kecepatan rotor menjadi lebih lambat. Rotor adalah bagian yang berputar dari motor. Sedangkan stator adalah bagian yang diam dan terdapat banyak belitan yang dapat menginduksi medan magnet.

Motor induksi memiliki dua jenis rotor, yaitu rotor gelung dan rotor sangkar bajing. Pada dasarnya kedua jenis rotor tersebut merupakan konduktor yang berbentuk rangkaian tertutup. Perbedaan pada rotor gelung terletak pada konduktor, konduktor pada rotor gelung merupakan belitan yang terhubung dengan rangkaian luar motor dimana pada rangkaian luar dan dalam motor terhubung oleh cincin motor (*slip ring*). Sedangkan pada rotor sangkar bajing, konduktor berupa batang-batang logam yang terhubung paralel dan pada kedua ujung rotor dihubungkan oleh cincin hubung singkat. Pada penelitian ini menggunakan motor induksi 3 fasa seperti yang ada pada Gambar 2.1 (a), dengan beberapa komponen motor terpenting yaitu stator dan rotor jenis sangkar tupai pada Gambar 2.1 (b).



(a)



(b)

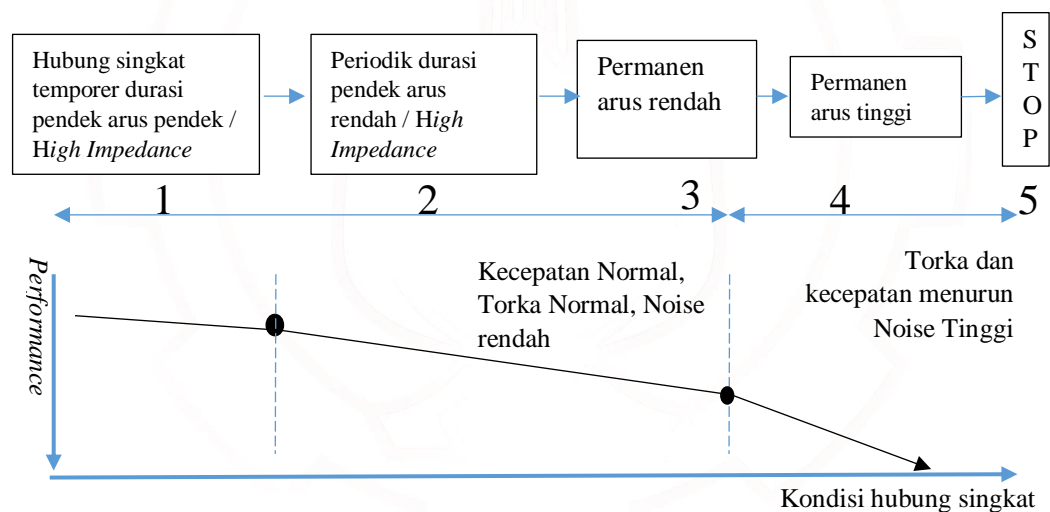
Gambar 2.1 (a) Motor induksi 3 fasa, (b) Komponen motor induksi stator dan rotor

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Dalam motor induksi kerusakan stator banyak disebabkan oleh kegagalan isolasi pada belitan stator. Terdapat beberapa jenis hubung singkat pada belitan stator, diantaranya: hubung singkat antara dua kumparan dari fasa yang sama, hubungan singkat antara dua putaran fasa yang sama, hubung singkat antara dua fasa, hubungan dua kumparan dari fasa yang sama dan hubung singkat antara putaran ketiga fasa arus pendek antara fasa ke tanah.

Gangguan hubung singkat diawali dengan loncatan bunga api listrik (*partial discharge*) karena faktor tekanan lingkungan dan juga cacat bawaan dari motor. Proses terjadi hubung singkat dimulai bertahap dari hubung singkat temporer

dengan durasi pendek arus pendek/impedansi tinggi, menuju gangguan permanen arus tinggi. Proses kegagalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini. Dari Gambar 2.2 dapat dilihat tahapan dari hubung singkat ini memiliki dampak yang berbeda pada kondisi motor. Saat motor sudah terjadi hubung singkat, maka motor akan memasuki fase pertama yaitu hubung singkat temporer seperti yang ada pada nomor 1 di Gambar 2.2. Pada fase ini motor beroperasi secara normal karena belitan motor masih cukup kuat namun sudah mengalami penurunan isolasi. Jika peristiwa hubung singkat pada motor terjadi makin sering, maka kondisi motor akan menuju nomor 2. Seiring penggunaan motor yang terus menurun, motor akan menjadi panas dan isolasi menjadi lebih buruk. Hal ini tentu berbahaya bagi motor karena jika dibiarkan, motor akan mengalami gangguan hubung singkat bersifat permanen dan hal terburuk motor harus berhenti beroperasi karena dapat membahayakan sistem.



Gambar 2.2 Diagram Proses Kegagalan Motor

2.3 Motor Current Signature Analysis

Salah satu analisis dalam mendeteksi gangguan motor yang sering digunakan adalah MCSA. MCSA ini dapat digunakan tanpa memengaruhi kegiatan operasi. Teknik ini banyak digunakan karena kesederhanaan dan keekonomisan dalam mendeteksi gangguan pada motor. Dalam analisis menggunakan MCSA, digunakan sinyal listrik yang terdapat komponen arus stator saat motor beroperasi. Spektrum

arus stator yang didapatkan dari pengukuran harus diubah terlebih dahulu menjadi domain frekuensi menggunakan *Fourier Transform* (FT) untuk menemukan frekuensi gangguan yang terjadi pada motor.

Frekuensi *sidebands* yang ada di sekitar frekuensi fundamental dari arus stator digunakan untuk mendeteksi gangguan. Dari literatur yang ada teknik MCSA ini dapat digunakan untuk mendeteksi beberapa gangguan pada motor seperti: gangguan hubung singkat pada belitan stator, kerusakan pada rotor, kerusakan pada bearing motor dan juga terdapat ketidak seimbangan celah udara.

Kerusakan belitan stator dapat diamati melalui frekuensi harmonisa yang tidak normal. Frekuensi harmonisa tidak normal yang diperoleh dari spektrum arus dapat diketahui dengan persamaan seperti berikut:

$$f_{sc} = \left[K_s \mp \frac{V_{sc}}{p} (1 - S) \right] f_{supply} \quad (2.4)$$

$$f_{2x} = \frac{(1-s)}{p} f_{supply} \quad (2.5)$$

$$f_{sc} = K_s \cdot f_{supply} \mp V_{sc} \cdot f_{2x} \quad (2.6)$$

f_{sc} : Frekuensi kerusakan belitan stator

V_{sc} : bilangan bulat (1,2,3,...)

K_s : konstanta interger (1,3,5,..)

f_{supply} : frekuensi dari sumber listrik (50 Hz atau 60 Hz.)

2.4 Analisis Fluks

Metode dalam memonitoring dan mendiagnosis motor induksi pada saat ini telah banyak berkembang. Salah satu yang populer adalah menggunakan teknik analisis medan magnet (*magnetic field*). Fluks bocor pada mesin induksi adalah suatu residual dan merupakan efek yang tidak diinginkan saat motor beroperasi. Fluks bocor adalah fluks magnet yang terradiasi dari bagian dalam badan mesin dan terhubung secara langsung pada magnetik mesin. Fluks bocor dihasilkan oleh arus stator dan rotor yang mempunyai perbedaan komponen spektral. Hipotesa awal,

fluks bocor timbul karena komponen 0 dari fluks utama motor induksi pada refrensi bagian yang statis maupun refrensi bagian yang berputar. Fluks bocor muncul karena hasil dari arus stator dan rotor yang berada di ujung kumparan stator/ cincin ujung rotor yang menyebabkan pemanasan eddy dan berakibat buruk untuk bantalan motor.

Memonitor fluks bocor karena ada gangguan merupakan teknik yang sama seperti mendeteksi perubahan harmonisa secara tidak langsung melalui spektrum sinyal fluks. Kelebihan dari metode analisis fluks ini adalah kemampuan dalam pengukuran secara non-invasif, dapat diimplementasikan secara sederhana, dan dengan biaya yang murah. Jika dibandingkan dengan Analisis menggunakan metode MCSA, Analisis fluks memiliki kelebihan lebih sensitif, handal, dan cocok digunakan untuk medeteksi gangguan awal di mesin induksi. Sedangkan untuk mengukur besar fluks bocor ini akan sulit karena tergantung dimana fluks bocor ini muncul di badan motor induksi. Diperlukan sensor yang akurat dan mempunyai kesensitifitas yang tinggi agar mendapatkan hasil pengukuran fluks bocor yang akurat dan maksimal.

Sensor magnet sendiri terdiri dari dua jenis yaitu sensor magnet awal (*primary magnetic sensor*) dan sensor magnet lanjutan (*secondary magnetic sensor*). Sensor magnet awal sering disebut dengan magnetometer, yaitu alat yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidak benda logam dengan cara mendeteksi fluks/anomali magnetik. Dari teknologi yang sudah berkembang terdapat beberapa jenis magnetometer yang berfungsi sebagai alat pengukuran yang praktis (*instrument portable*). Penelitian kali ini menggunakan sensor fluks dengan jenis ELF Gauss-meter. Alat pengukuran ini digunakan untuk menangkap fluks bocor yang keluar dari badan motor. Salah satu jenis teknologi dalam magnetometer adalah menggunakan sensor koil. Sensor koil ini dibuat berdasarkan hukum Faraday. Menurut hukum induksi faraday, gaya gerak listrik dihasilkan dari rangkaian tertutup ketika diletakkan pada tempat yang mempunyai medan magnet bervariasi terhadap waktu. Tegangan induksi atau gaya gerak listrik yang diinduksikan pada sepanjang koil dalam kumparan sebanding dengan perubahan medan magnet dalam kumparan. Supaya koil dapat bekerja, kumparan harus dalam medan magnet yang bervariasi atau bergerak melalui medan magnet.

$$V_{in} = -N \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \quad (2.7)$$

V_{in} : Tegangan medan magnet

N : Banyak lilitan

ϕ : Fluks magnetik

2.5 Fast Fourier Transform (FFT)

FFT adalah suatu algoritma untuk menghitung *Discrete Fourier Transform* (DFT) dengan lebih cepat dan efisien. FFT digunakan untuk mempresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. FFT ini lebih cocok digunakan untuk sinyal diskrit yang periodik dan simetri. Maksud dari sinyal diskrit periodik dan simetri adalah sinyal diskrit yang terus berulang pada rentang waktu tertentu dan memiliki pencerminan dititik tengahnya. Kelebihan menggunakan FFT adalah mengurangi kompleksitas transformasi yang dilakukan DFT, dan juga waktu transformasi yang lebih cepat. FFT sering diterapkan pada berbagai bidang pengolahan sinyal digital dan menyelesaikan persamaan diferensial parsial menjadi algoritma untuk penggandaan integer.

Secara numeris beban komputasi DFT cukup berat karena memerlukan sejumlah N^2 perkalian kompleks. Sedangkan FFT memiliki beban komputasi yang lebih ringan dengan hanya memerlukan sejumlah $\frac{N}{2} \times \log_2 10 N$ perkalian kompleks. FFT dengan beban komputasi tersebut adalah untuk FFT jenis radix-2 . Prinsip kerja FFT adalah membagi hasil sampling menjadi beberapa bagian yang selanjutnya setiap bagian akan diselesaikan dengan algoritma yang sama dan dikumpulkan kembali.

Transformasi fourier mempresentasikan spektrum kontinyu dari sinyal nonperiodik. Transformasi fourier $X(f)$ dari waktu kontinyu $x(t)$ adalah seperti persamaan berikut:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} \quad (2.9)$$

Invers transformasi adalah:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{-i\omega t} \quad (2.9)$$

Transformasi fourier agar dapat digunakan pada operasi digital, dibutuhkan sampel-sampel pada kawasan frekuensi dan waktu. Sampel-sampel pada kawasan waktu akan menunjukkan keseluruhan sinyal kontinyu. Sampel-sampel ini akan mengubah dari sinyal kontinyu menjadi diskrit dengan proses DFT. Transformasi fourier sinyal diskrit dijabarkan pada persamaan berikut:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] W_N^{kn} \text{ dengan } W_N = e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)} \quad (2.10)$$

Invers transformasi:

$$x[n] = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} X[k] W_N^{-kn} \quad (2.11)$$

Transformasi fourier ini dapat digunakan untuk mengolah sinyal tidak hanya dari arus, melainkan sinyal lainnya seperti tegangan stator, vibrasi shaft, fluks bocor, torsi elektro magnetik, kecepatan dan juga temperatur. Transformasi fourier menggabungkan sinyal kedalam bentuk fungsi eksponensial dari frekuensi yang berbeda-beda. FFT dalam pengolahan isyarat meliputi frekuensi dan periode:

a. Periode

Periode didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk sebuah isyarat atau gelombang untuk mencapai gelombang penuh. Periode harus diperhatikan bahwa definisi tersebut berlaku untuk isyarat monokromatis, isyarat tersebut adalah gelombang yang bersifat tunggal, pasti memiliki sebuah periode.

b. Frekuensi

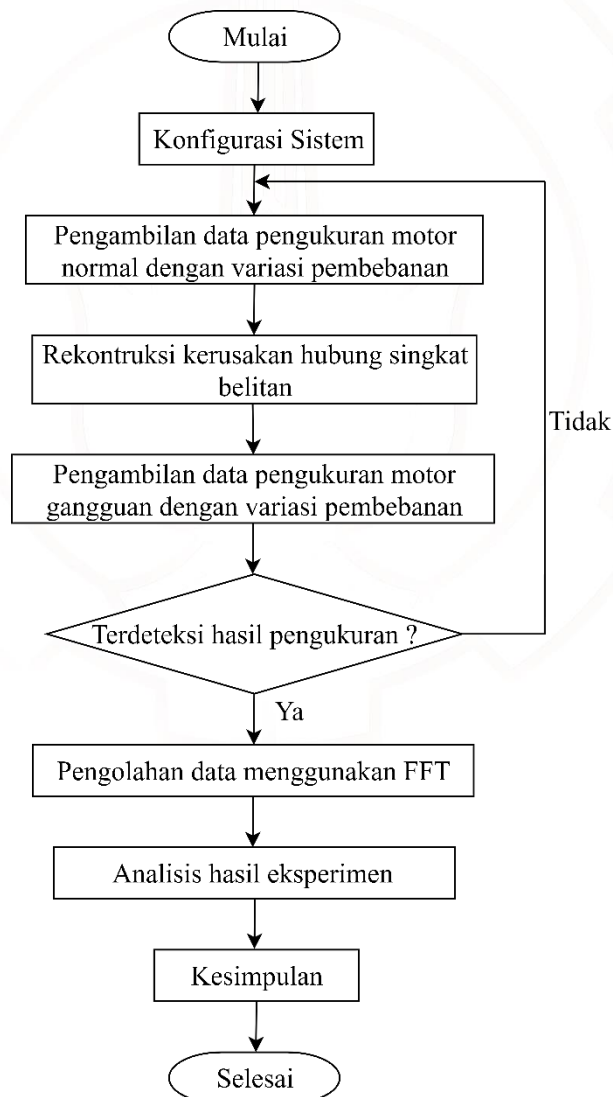
Setiap ada periode, maka terdapat frekuensi yang biasa diartikan sebagai jumlah gelombang yang terjadi dalam 1 detik. Frekuensi didefinisikan secara sederhana sebagai kebalikan dari waktu. Jika waktu mempunyai satuan detik maka frekuensi mempunyai satuan hertz (1/detik) dan hanya memiliki tepat satu spektrum. Spektrum tersebut biasa disebut spektrum frekuensi.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram alir Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk mendeteksi gangguan hubung singkat belitan stator pada motor induksi melalui analisis frekuensi pada arus stator dan fluks bocor. Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya: sumber tegangan AC, motor induksi 3 fasa, perangkat pembebanan motor, dan peralatan akuisisi data. Langkah-langkah penelitian ini akan diuraikan dengan alir penelitian pada Gambar 3.1.

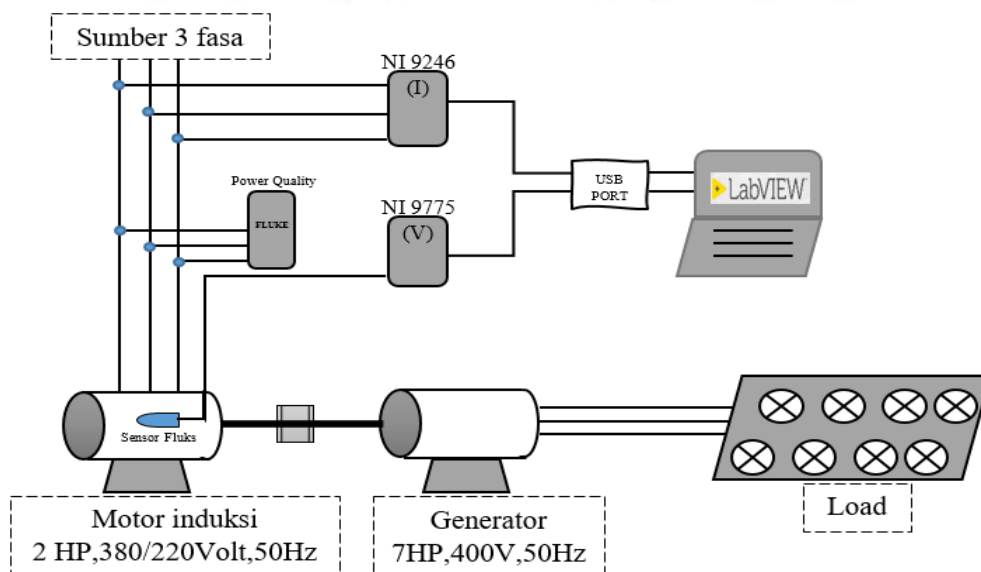


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Konfigurasi sistem

Eksperimen deteksi kegagalan isolasi pada motor induksi 3 fasa yang dirancang dalam penelitian ini berbasis kepada metode analisis dari spektrum arus stator motor dan spektrum fluks bocor. Pada penelitian ini sumber tegangan AC digunakan sebagai sumber listrik arus bolak balik untuk menjalankan motor induksi 3 fasa dengan kapasitas sebesar 1500 Watt atau setara dengan 2 HP. Proses pengukuran arus stator menggunakan Ni DAQ 9246 dan fluks bocor menggunakan sensor fluks. Pembebanan mekanik motor induksi dilakukan dengan cara mengkopel antara motor induksi dengan generator sinkron 3 fasa yang dibebani beberapa lampu.

Beberapa alat penunjang pada penelitian ini yaitu, laptop yang sudah terinstal perangkat lunak LabView, DIAdem, Ni DAQ 9246 sebagai akuisisi data pengukuran arus, dan Ni DAQ 9775 sebagai akuisisi data pengukuran fluks bocor motor. Perangkat lunak LabVIEW harus terintegrasi dengan Ni DAQ 9246 dan Ni DAQ 9775 untuk mempermudah proses pengukuran dalam penentuan frekuensi sampling dan Panjang data yang digunakan. Hasil dari pengukuran akan diolah menggunakan metode FFT yang ada dalam perangkat lunak DIAdem dan Matlab. Untuk lebih jelas konfigurasi sistem penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Konfigurasi Sistem deteksi hubung singkat stator

Motor induksi yang digunakan adalah jenis rotor sangkar bajing merk ADK dengan kapasitas 1500 Watt atau setara dengan 2 HP. Jumlah kutub pada motor induksi yang digunakan adalah 4 kutub, sehingga memiliki kecepatan sinkron 1500 Rpm dengan kecepatan saat beban penuh 1400 rpm. Konfigurasi belitan yang digunakan adalah wye (Y) sehingga motor induksi tiga fasa memiliki rating tegangan sebesar 220/380 V dan rating arus 3,68/6,36 A. spesifikasi motor induksi 3 fasa dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.3 Motor induksi 3 fasa

Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

Merk		ADK Electric Motor	
Amb	40 C°	Type	Y3-90L-4
HP	2	NO	Y3192058
kW	1,5	IP	55
Volt	220 / 380	Ins.cl	F
Amp	6,36 / 3,68	Weight	23 Kg
Hz	50	rpm	1400

3.3 Pembebanan Motor Induksi 3 Fasa

Pada eksperimen ini digunakan beberapa peralatan untuk pembebanan motor yang akan masuk dalam tahapan penelitian yaitu generator sinkron sebagai beban mekanik dan beban lampu untuk beban elektrik yang dapat diubah sesuai kebutuhan. Kedua peralatan ini digunakan untuk memberikan variasi pembebanan pada motor induksi. Agar dapat terlihat bagaimana efek pembebanan terhadap deteksi gangguan. Cara kerja pembebanan pada motor ini yaitu, motor induksi akan dikopel dengan generator (Gambar 3.4), sehingga keluaran daya dari generator dapat digunakan untuk menyalakan beban elektrik yaitu lampu pijar (Gambar 3.5). semakin banyak beban lampu pijar yang dipasang maka daya keluaran generator akan naik membuat torsi generator meningkat. Karena generator terkopel dengan motor induksi maka torsi dari motor ikut meningkat seiring pembebanan generator bertambah.

Generator yang digunakan berupa generator sinkron AC 3 fasa dengan merk Shantaou dengan daya 5 kW, tegangan 400 V, arus 9 A dan kecepatan 1500 r/min. untuk lebih detail dari spesifikasi generator dapat dilihat pada Tabel 3.2.

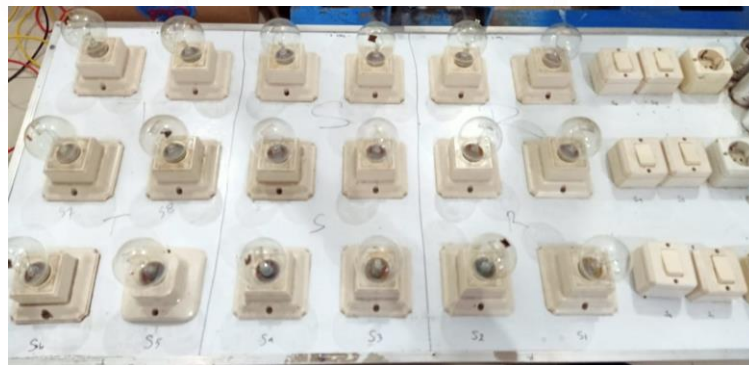


Gambar 3.4 Generator Sinkron 3 Fasa

Tabel 3.2 Spesifikasi Generator 3 Fasa AC Sinkron

Merk	Shantou Electric Machinery		
Power	5 kW	Type	GTH-5 TK
kW	5	No	929
Volt	400	PF	0,8
Amp	9	Rat	CONT
Hz	50	rpm	1500

Beban maksimal yang diberikan pada generator sinkron akan ditampilkan dalam bentuk persen, dimana beban maksimum sebesar 100% yaitu mendekati 1500 W dari daya motor atau arus nominal pada motor induksi mencapai 3,68 A. Nilai tersebut didapatkan dari penjumlahan beban generator dan beban lampu pijar. Dalam penelitian ini terdapat beberapa variasi pembebanan, yang dimulai dari motor tanpa diberi beban atau beban 0%. Selanjutnya motor akan di kopel dengan generator sinkron dimana generator dihubungkan dengan beban lampu pijar yang bervariasi untuk mencapai pembebanan bertahap sebesar beban 25%, beban 50%, beban 75% dan beban penuh 100%.



Gambar 3.5 Perangkat beban lampu pijar

3.4 Proses Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data diperlukan peralatan-peralatan tambahan Tachometer untuk pengukuran rpm motor (Gambar 3.6), sensor fluks yaitu Gauss-meter untuk menangkap fluks bocor pada badan motor dengan arah axial (Gambar

3.7) dan juga perangkat analisis kualitas daya motor (*power quality motor analyzer*) dari Fluke (Gambar 3.8) untuk pengukuran daya nyata motor, faktor daya, dan daya reaktif motor.



Gambar 3.6 Tachometer



Gambar 3.7 Gauss-meter



Gambar 3.8 *Power Quality and Motor Analyzer Fluke*

Pengambilan data dilakukan dengan beberapa kondisi (*case*) pembebanan pada saat kondisi motor normal dan terjadi gangguan. Untuk metode pengambilan data arus menggunakan sensor arus dari national instrument dengan tipe NI 9246. Untuk penangkapan sinyal fluks digunakan probe dari Gauss-meter dengan merk IDR-210.

Data motor pertama yang diambil yaitu data arus dan fluks untuk motor normal dengan pembebanan dimulai dari kondisi tanpa beban. Setelah data normal tanpa beban didapatkan. Selanjutnya rotor motor normal induksi dikopel dengan generator yang sudah terhubung beberapa lampu pijar 100 Watt untuk mendapatkan data motor normal pembebanan 25%, 50%, 75% dan 100%. Setelah data motor normal diperoleh, data tersebut digunakan sebagai refrensi dalam penelitian deteksi gangguan hubung singkat. Ekperimen dilanjutkan dengan setiap kondisi kerusakan hubung singkat stator motor induksi dimulai tanpa beban dan variasi pembebanan selanjutnya sama seperti langkah pada motor normal.

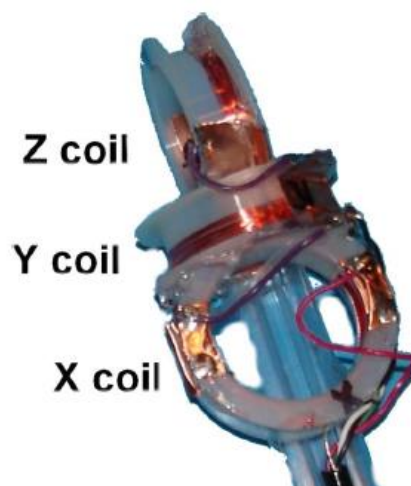
3.5 Cara Kerja Sensor Fluks

Sensor eksternal fluks yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor koil dengan jenis triaxial *Very Low Frequency* (VLF) Gauss-meter. Gauss-meter dengan merk IDR-210 dilengkapi probe yang berupa sebagai sensor koil untuk menagkap sinyal fluks bocor di dekat badan motor. Koil tersebut terbuat dari tembaga dengan

47 lilitan dan luas penampang 5 cm^2 . Sensor koil sangat cocok digunakan karena sensor koil mempunyai sensitivitas lebih tinggi dibandingkan *hall effect* sensor pada frekuensi lebih dari 30 kHz.

Rentang pengukuran yang dimiliki Gauss-meter ini adalah 0,2 mG-2000 mG, $10 \text{ mG} = 1 \text{ } \mu\text{T}$. Pemilihan rentang pengukuran dapat diatur secara manual atau mikrokontroler juga dapat memilih rentang secara dinamis berdasarkan pengukuran sensor koil. Respon frekuensi pada alat ukur ini dapat menjangkau mulai dari 1Hz hingga 200 kHz.

Dalam mendeteksi medan magnet, rangkaian di dalam probe menggunakan 3 koil orthogonal yang tersambung dari bahan tembaga (Gambar 3.9). Probe dibuat dari tiga kumparan udara orthogonal yang sejajar sehingga membentuk sumbu x, y, dan z yang saling tegak lurus. Jari-jari yang dimiliki setiap kumparan adalah 12,7 mm dengan panjang keseluruhan probe 65 mm. Dalam penggunaan alat ukur ini terdapat dua keluaran, yang pertama ujung depan analog memproses sinyal dari sensor dan menghasilkan keluaran sinyal Rms yang terhubung ke input ADC untuk pemrosesan sinyal digital lebih lanjut, sedangkan luaran gelombang persegi terhubung ke penghitung frekuensi.



Gambar 3.9 kontruksi probe Gauss-meter[13]

3.6 Proses Akuisisi Data

Dalam proses akuisisi data pada penelitian ini, peralatan yang digunakan adalah NI DAQ 9246 (Gambar 3.10) dengan sensor arus dan NI DAQ 9775 (Gambar 3.11) dengan sensor fluks Gauss-meter. Sinyal arus yang diperoleh dari sensor arus dan sinyal fluks bocor yang didapatkan dari Gauss-meter akan diolah menjadi sekumpulan data secara digital dan dilakukan akuisisi data untuk proses penelitian. Dua alat tersebut merupakan keluaran dari produk National Instrument yang dapat digunakan juga sebagai osiloskop dengan frekuensi sampling mencapai 1 GHz.

Kedua alat ini NI DAQ 9246 dan NI DAQ 9775 terhubung dengan perangkat lunak LabVIEW yang juga merupakan produk dari National Instrument. Sinyal tegangan dari keluaran Gauss-meter akan dibaca oleh NI DAQ 9775 dan sama halnya sinyal dari arus stator akan dibaca oleh NI DAQ 9246 kemudian kedua sinyal itu akan diakuisisi, sedangkan perangkat lunak LabVIEW bertugas untuk menampilkan dan mengkonversi data sinyal tegangan dan arus stator yang telah diakuisisi. Berikut merupakan tampilan dari peralatan akuisisi sinyal arus dan tegangan.



Gambar 3.10 Alat akuisisi data arus merk NI-DAQ 9246

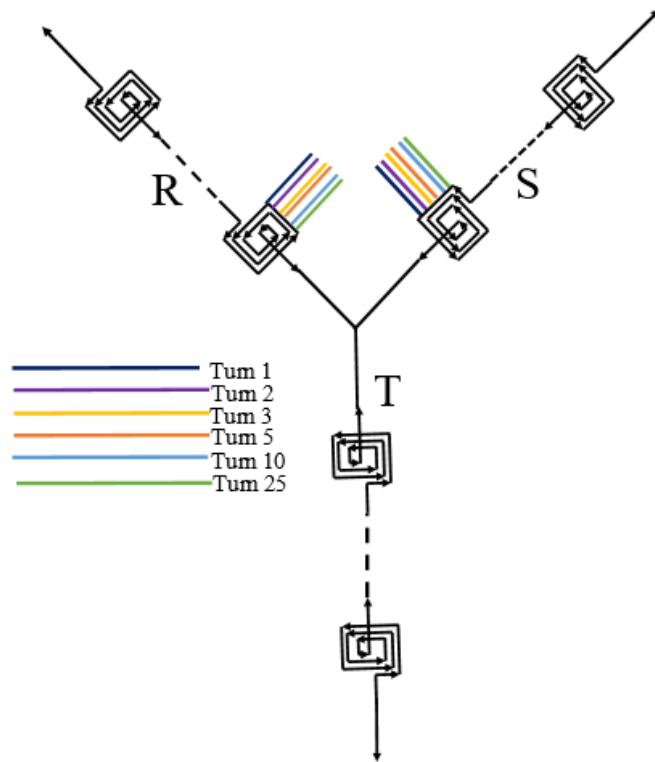


Gambar 3.11 Alat akuisisi data tegangan merk NI-DAQ 9775

Pengaturan proses sampling pada DAQ dibutuhkan perangkat lunak LabVIEW. Keluaran dari hasil sampling DAQ melalui LabVIEW berupa file *Technical Data Management Streaming* (TDMS). File TDMS tersebut dapat dilihat hasil sampling melalui perangkat lunak DIAdem, dengan perangkat lunak DIAdem ini sinyal dari proses sampling dapat diolah dalam berbagai tampilan. Selain itu format file TDMS tersebut dapat dikonversi kedalam bentuk file *.xls*. File *.xls* tersebut mempunyai informasi yang sama dengan file TDMS yaitu berupa sampling data 3 fasa arus stator dan sampling data tegangan dari sensor fluks. File tersebut akan digunakan sebagai input pada perangkat lunak Matlab untuk dilanjutkan ke proses pengolahan data dan analisis, namun jika menginginkan pengolahan data langsung melalui DIAdem dapat dilakukan.

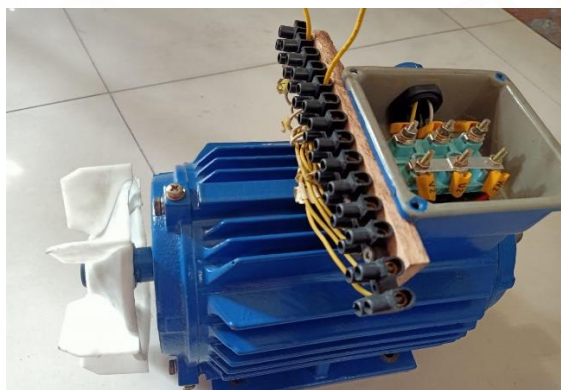
3.7 Rekontruksi Kerusakan Belitan Stator

Rekontruksi kerusakan belitan stator dilakukan dengan cara memberikan kecacatan pada belitan stator. Motor induksi 3 fasa akan di modifikasi pada salah satu slot belitan untuk menghubungkan singkatkan pada beberapa belitan sehingga dapat dibentuk penggabungan slot sesuai pada Gambar 3.12 di bawah ini. Hubung singkat yang dilakukan adalah hubung singkat antar belitan dalam satu fasa.



Gambar 3.12 Rangkaian belitan wye dan belitan yang dikeluarkan untuk di hubung singkat

Motor induksi 3 fasa yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi 380/220 volt, 50 Hz, dan 4 kutub. Motor tersebut memiliki belitan dalam satu slot stator berjumlah 66 per fasa. Jadi jumlah lilitan dalam satu fasa 264 lilitan, didapatkan dari empat kali 66 belitan. Motor yang telah direkonstruksi akan ditampilkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Rekonstruksi motor induksi 3 fasa hubung singkat belitan stator

Pada penelitian ini digunakan skema kerusakan dengan dimulai dari tanpa beban hingga beban penuh. Pengambilan data dilakukan selama 10 kali disetiap kasus untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Tabel 3.3 dijelaskan skema penelitian dalam pengambilan data hubung singkat dan motor normal. Skema tersebut dipilih berdasarkan dari refrensi beberapa jurnal [14-15] pada penelitian pendeteksian gangguan yang sama. Dalam jurnal tersebut dijelaskan bahwa dengan beberapa lilitan yang dihubung singkat, menunjukkan hasil yang berbeda untuk di analisis dengan motor normal.

Tabel 3.3 Data percobaan penelitian deteksi gangguan

Pembebanan	Kondisi Motor	Urutan belitan	Jumlah belitan hubung singkat	Presentase belitan hubung singkat	Jumlah data
0%	Normal	-	-	-	10
	Hubung Singkat	1-3	2 Belitan	0,75%	10
		1-5	4 Belitan	1,50%	10
		2-10	8 Belitan	3%	10
25%	Normal	-	-	-	10
	Hubung Singkat	1-3	2 Belitan	0,75%	10
		1-5	4 Belitan	1,50%	10
		2-10	8 Belitan	3%	10
50%	Normal	-	-	-	10
	Hubung Singkat	1-3	2 Belitan	0,75%	10
		1-5	4 Belitan	1,50%	10
		2-10	8 Belitan	3%	10
75%	Normal	-	-	-	10
	Hubung Singkat	1-3	2 Belitan	0,75%	10
		1-5	4 Belitan	1,50%	10
		2-10	8 Belitan	3%	10
100%	Normal	-	-	-	10
	Hubung Singkat	1-3	2 Belitan	0,75%	10
		1-5	4 Belitan	1,50%	10
		2-10	8 Belitan	3%	10

Motor dihubungkan singkat dengan variasi tapping belitan yang berbeda-beda dengan variasi pembebanan yang berbeda-beda. Hal ini dilakukan untuk melihat dampak dari pendeteksian gangguan saat hubung singkat belitan yang bertambah besar dan juga apakah variasi pembebanan berpengaruh untuk

pendeteksian gangguan . Untuk melihat perbedaan pola hubung singkat yang terjadi sesuai dengan kasus di lapangan. Pada penelitian ini jenis hubung singkat yang digunakan adalah hubung singkat antar belitan dalam satu fasa yaitu fasa R.

3.8 Perancangan Ekperimen Deteksi Gangguan

Dari beberapa proses penelitian yang sudah di jelaskan sebelumnya, peralatan tersebut disusun sedemikian rupa untuk membentuk sistem deteksi gangguan hubung singkat belitan stator motor induksi 3 fasa yang di implementasikan pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 Implementasi sistem deteksi gangguan hubung singkat belitan stator

Setelah perancangan sistem deteksi kerusakan hubung singkat belitan stator sudah dilakukan, maka langkah-langkah untuk melakukan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Siapkan peralatan penunjang seperti pada Gambar 3.14.
2. Kondisikan semua peralatan penunjang berada dalam keadaan aktif atau terhubung ke sumber.
3. Nyalakan motor induksi hingga mencapai kondisi *steady state*
4. Ukur arus stator dan tegangan keluaran dari sensor fluks menggunakan peralatan akuisisi data yang terintegrasi dengan perangkat lunak LabVIEW.

5. Ulangi langkah 1 sampai 4 dengan kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban pada motor normal dalam bentuk persen secara bertahap 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
6. Ulangi langkah 1 sampai 4 pada motor telah mengalami gangguan hubung singkat.

Setelah memperoleh semua data hasil pengukuran yang diperlukan, analisis masing-masing data untuk mendeteksi gangguan hubung singkat belitan stator pada motor induksi. Setelah dilakukan pengujian dengan berapa *case* pembebanan dan dua kondisi motor saat normal dan motor saat terjadi gangguan hubung singkat pada belitan stator maka, didapatkan perubahan nilai arus dan fluks di beberapa *case* pembebanan dan juga 4 kondisi motor. Setelah data dikumpulkan, data tersebut akan di filter berdasarkan fekruensi yang rendah dan frekuensi yang tinggi. Data yang telah difilter akan diubah menggunakan FFT. Dari hasil data pengukuran arus dan fluks akan diubah kedalam bentuk frekuensi.


3.9 Proses Pengolahan Data

Penelitian ini melibatkan beberapa kondisi beban yang berbeda sehingga dapat diperbandingkan dampak yang diberikan oleh setiap perubahan beban. Pada saat melakukan pengambilan data dilakukan dengan nilai sampling yang rendah yaitu sebanyak 5.000 Hz/s. Nilai ini dipilih untuk mempermudah proses analisis sehingga pembacaan frekuensi lain yang muncul disekitar fundamental dapat terbaca lebih detail saat data dari domain waktu dibawa ke domain frekuensi. Nilai sampling tinggi digunakan bertujuan untuk mendapatkan pensamplingan yang lebih akurat. Jumlah data yang disampling setiap detik yaitu 50.000 data.

Pengukuran sinyal arus dan tegangan menggunakan perangkat lunak LabVIEW, perangkat lunak tersebut biasa dikenal dengan sebutan *Virtual Instruments* (VI) karena tampilan dan sistem operasi tersebut dapat meniru sebuah peralatan instrumentasi. Ada dua komponen penting dalam *software* LabVIEW, yaitu panel awal (*front panel*) dan diagram blok. Panel awal adalah bagian jendela (*window*) yang merupakan tampilan utama dari LabVIEW. Jendela awal digunakan untuk membangun sebuah VI dan menjalankan program. Diagram blok adalah

bagian jendela yang berisi *source code* menggunakan fungsi representasi grafis untuk mengontrol hasil luaran objek dari panel awal.

Pengolahan sinyal tegangan keluaran dari sensor fluks dan arus stator dilakukan dengan *software* DIAdem. DIAdem digunakan untuk menampilkan sinyal hasil pengambilan data dari LabVIEW yang berformat .TDMS, selain itu DIAdem akan digunakan untuk melakukan olah sinyal arus dan fluks bocor yang semula berupa hasil dari domain waktu diubah menjadi domain frekuensi menggunakan metode FFT. Tujuan digunakan algoritma FFT adalah untuk melakukan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator motor melalui spektrum fluks bocor dan arus stator. Algoritma FFT yang digunakan merupakan jenis radix-2 yang menampilkan bentuk transformasi dalam 2 dimensi. Setelah didapatkan data FFT dari perangkat lunak DIAdem, data tersebut harus diubah terlebih dahulu dalam format.xlsx karena hasil data FFT harus diubah menjadi satuan desibel menggunakan perangkat lunak Matlab.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengujian dari sistem deteksi gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi yang telah dilakukan dan selanjutnya akan dianalisis melalui frekuensi yang terdeteksi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dari besar amplitudo spektrum frekuensi pada sinyal fluks lalu dibandingkan dengan hasil analisis spektrum frekuensi dari arus stator pada kedua kondisi motor yang akan diuji, yaitu motor normal dengan motor kondisi gangguan hubung singkat dengan 3 tingkat kerusakan yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh gangguan hubung singkat terhadap perubahan amplitudo besaran frekuensi gangguan. Untuk meningkatkan keakuratan hasil penelitian, analisis dilakukan pada kondisi motor berbeban dengan tingkat yang berbeda-beda dimulai dari tanpa beban hingga beban penuh. Dalam mendapatkan hasil analisis terdeteksi gangguan hubung singkat menggunakan 2 kondisi motor, 5 kasus pembebanan, dan 3 kasus gangguan hubung singkat skema pengambilan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Skema pengambilan data

Data Analisis	Pembebanan	Kondisi motor	Keterangan
Fluks bocor Arus Stator	0%	Normal Fasa R 1-3 Fasa R 1-5 Fasa R 2-10	Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali
	25%		
	50%		
	75%		
	100%		

4.1 Perhitungan Presentasi Pembebanan

Perhitungan presentasi pembebanan dilakukan dengan beban mekanik berupa generator dan beban elektrik berupa lampu pijar untuk membuat variasi pembebanan dari generator. Untuk mendapatkan 5 variasi pembebanan, dilakukan pengukuran arus dan daya pada motor saat kondisi keadaan tunak. Pengambilan

pertama dimulai dari tanpa beban. Setelah itu motor dikopel dengan generator lalu diukur kembali arus dan daya motor. Pengambilan selanjutnya motor diukur kembali dengan posisi generator terhubung dengan beban elektris yaitu beberapa lampu ukuran 100 Watt. Variasi pembebanan dilakukan hingga motor mendapatkan beban penuh dengan acuan arus maksimal dari rating papan nama (*nameplate*) motor yaitu 3,68 Ampere. Angka tersebut digunakan sebagai referensi nilai arus untuk beban penuh pada motor. Dalam mengukur pembebanan digunakan alat penunjang yaitu power quality, hasil pengukuran pembebanan dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Presentase pembebanan pada motor induksi

Beban motor (%)	Pembebanan	Arus Stator (A)	Daya input (Watt)
0	Motor	2,4	150
25	Motor + Gen+ (2 lampu x100 W)	2,67	770
50	Mtr + Gen + (5 lampu x100 W)	3,06	1170
75	Mtr + Gen + (7lampu x100 W)	3,26	1520
100	Mtr + Gen + (10 lampu x100 W)	3,68	1700

4.2 Arus Stator Pada Motor Normal dan Hubung Singkat Belitan Stator

Analisis arus stator digunakan untuk melihat perubahan nilai arus akibat terjadi hubung singkat belitan stator dan analisis tersebut dilakukan pada keadaan motor normal dan saat motor mengalami gangguan hubung singkat belitan stator. Pembagian kasus hubung singkat belitan stator memiliki 3 jenis yaitu hubung singkat belitan stator pada fasa-R dengan 2 belitan, 4 belitan dan 8 belitan. Pengukuran dilakukan dengan kondisi beban yang bervariasi dan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran arus stator motor normal dan hubung singkat belitan stator

Beban (%)	Arus stator Ampere (A)			
	Kondisi Normal	SC 1-3	SC 1-5	SC 2-10
0	2.2	2.2	2.18	2.3
25	2.3	2.4	2.5	2.8
50	2.6	2.7	2.8	3.1
75	3.1	3.1	3.2	3.5
100	3.3	3.4	3.6	3.9

Hasil pengukuran pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada kondisi normal dan kondisi hubung singkat belitan stator, terdapat beberapa perubahan nilai arus stator. Perubahan nilai arus pada kondisi hubung singkat belitan stator tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibanding dengan arus motor kondisi normal. Perubahan nilai arus disebabkan oleh perubahan tegangan yang tidak stabil. Perubahan kenaikan arus stator lebih menunjukkan dampak variasi pembebanan, semakin besar pembebanan pada motor terlihat arus yang masuk pada motor akan semakin besar. Dari hasil pengukuran arus untuk mendeteksi gangguan motor, masih belum dapat menjadi acuan karena perbedaan nilai arus yang terlalu kecil perlu analisis lain untuk melihat harmonisa pada motor dengan menggunakan data sinyal arus dalam satuan frekuensi dengan cara memproses sinyal arus tersebut dengan metode FFT.

4.3 Pengukuran Slip Pada Motor Kondisi Normal dan Kondisi Hubung Singkat Belitan Stator

Nilai slip digunakan untuk mencari nilai frekuensi gangguan stator, yang mana hasil tersebut akan dikalikan dengan frekuensi sumber sehingga menghasilkan letak frekuensi gangguan, frekuensi gangguan sendiri merupakan harmonisa yang muncul diantara frekuensi fundamental. Setiap letak harmonisa memiliki pola berbeda berda setiap tipe kerusakan. Hasil slip dari motor normal dan motor yang mengalami hubung singkat belitan motor dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil pengukuran slip pada kondisi hubung singkat belitan stator

Beban (%)	Sc lilitan			
	0	2	4	8
0	0.73%	0.67%	1.20%	0.07%
25	3.53%	2.27%	2.47%	2.40%
50	3.67%	3.67%	4.00%	3.73%
75	4.67%	4.80%	5.13%	5.13%
100	5.47%	5.60%	5.60%	5.73%

Pada Tabel 4.4 dari hasil pengukuran slip dapat dilihat terjadi peningkatan presentase slip disetiap variasi pembebanan dari tanpa beban hingga motor berbeban penuh. Peningkatan slip pada semua case pembebanan motor disetiap variasi gangguan hubung singkat belitan stator meningkat 4% - 5%. Ini menunjukkan sesuai teori bahwa peningkatan beban akan meningkatkan slip yang membuat kecepatan motor menjadi berkurang.

4.4 Analisis Letak Harmonisa Frekuensi Hubung Singkat Belitan Stator

Pada motor normal, saat motor tersebut beroperasi akan timbul harmonisa pada frekuensi fundamental. Dimana nilai dari amplitudo frekuensi akan meningkat sesuai kenaikan arus motor. Saat gangguan hubung singkat terjadi pada motor induksi, terdapat harmonisa tambahan yang muncul di beberapa frekuensi. Setiap gangguan memiliki letak frekuensi yang berbeda-beda. Pada kasus gangguan hubung singkat dalam satu fasa (*inter turn*), untuk mencari letak harmonisa frekuensi gangguan tersebut sudah dijelaskan pada persamaan (2.4). Pada penelitian ini peneliti membatasi jumlah frekuensi yang diteliti hanya pada batas 0 Hz-1000 Hz. Dengan $n=1$, dan $k= 1,7,13,15,17$. Selain itu harmonisa pada orde ganjil dan frekuensi fundametal dianalisis sebagai tambahan untuk melihat spektrum frekuensi. Frekuensi tersebut dipilih untuk mengetahui dimana letak frekuensi yang paling sensitif dari frekuensi rendah <500 Hz hingga frekuensi tinggi > 500 Hz. Pembatasan frekuensi berdasarkan referensi dari jurnal-jurnal yang telah melakukan penelitian dengan topik deteksi gangguan yang sama [11-15].

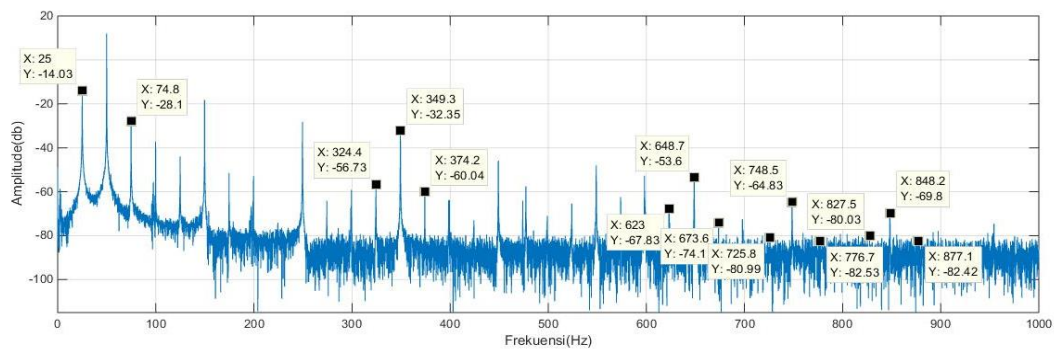
Untuk menjabarkan lebih detail frekuensi-frekuensi tersebut dapat dilihat pada Tabel (4.5). Dari beberapa frekuensi tersebut tidak semua sensitif dalam

mendeteksi gangguan hubung singkat. Perlu analisis lebih lanjut karena setiap setiap harmonisa yang muncul dapat dipengaruhi oleh banyak hal tidak hanya gangguan dari dalam motor. Muncul harmonisa didapatkan dari pengolahan spektrum frekuensi menggunakan FFT yang diukur oleh perangkat data akuisisi.

Tabel 4.5 Frekuensi gangguan hubung singkat

K	1		7		13		15		17	
Vsc	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	25Hz±2	75Hz±2	325Hz±2	375Hz±2	625Hz±2	675Hz±2	725Hz±2	775Hz±2	825Hz±2	875Hz±2

Contoh hasil dari FFT dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini. Dari hasil simulasi menggunakan Matlab, dapat diatur batas frekuensi yang ingin ditampilkan, dan dapat memplot nilai amplitudo harmonisa yang akan dianalisis.



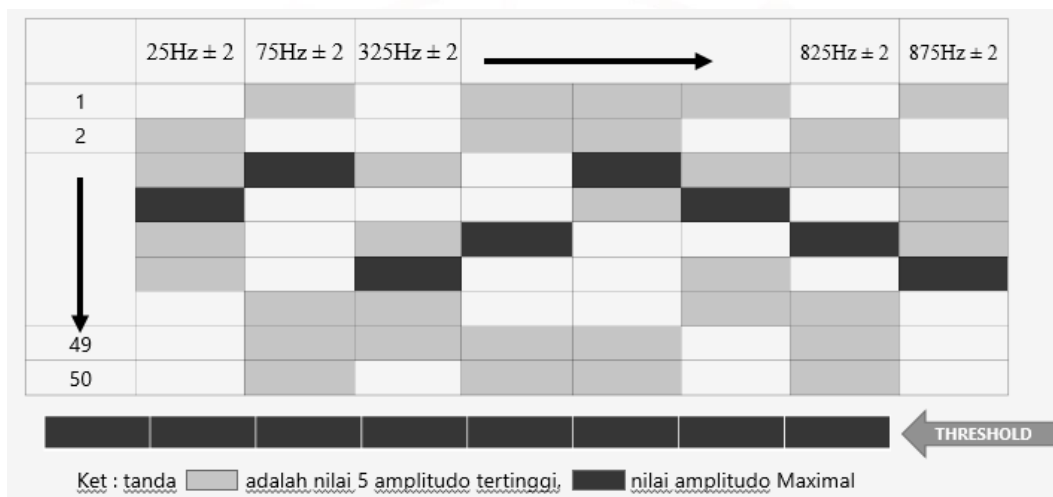
Gambar 4.1 Hasil simulasi FFT menggunakan Matlab

4.5 Hasil Analisis Deteksi Gangguan Hubung Singkat Belitan Stator Pada Sinyal Fluks

Pada penelitian ini, deteksi gangguan hubung singkat belitan stator dilakukan dengan 3 variasi gangguan yaitu hubung singkat dalam satu fasa 0,75%, 1,5%, dan 3% pada belitan fasa R. Pengambilan data dilakukan dengan frekuensi laju sampling rendah yaitu 5 kHz dengan Panjang data 50.000/sekond dan waktu pengambilan data setiap percobaan 10 detik. Untuk pengambilan data juga dilakukan pengulangan 10 kali setiap kasus yang akan diteliti. Guna memperlengkap proses analisis, penelitian juga dilakukan dengan memberikan variasi pembebanan mulai dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan juga 100%.

4.5.1 Mencari nilai ambang batas (*threshold*) dari data pengukuran sinyal fluks motor normal

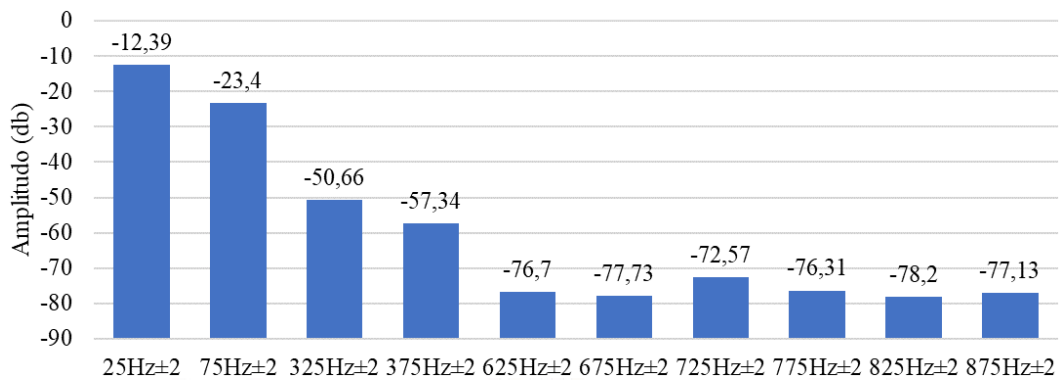
Sebelum menentukan apakah data pengukuran fluks dapat mendeteksi gangguan hubung singkat pada belitan motor induksi, langkah pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data fluks untuk normal dari setiap variasi pembebanan. Selanjutnya dari banyak data yang telah dikumpulkan, dipilih beberapa nilai untuk dijadikan ambang batas data motor normal sebagai referensi disetiap pengukuran. Tahapan pemilihan ambang batas dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Penentuan Amplitudo frekuensi ambang batas motor normal

Dalam pengambilan data motor normal, didapatkan jumlah 50 data untuk. 50 data tersebut diperoleh dari 10 kali pengambilan data di 5 variasi pembebanan yaitu tanpa beban hingga beban penuh. Untuk memudahkan memilih 50 nilai amplitudo tiap frekuensi. Dari 50 amplitudo tersebut diambil amplitudo rata-rata. Tujuannya pemilihan nilai amplitudo rata-rata adalah untuk mendapatkan rentang data normal sebagai data ambang batas.

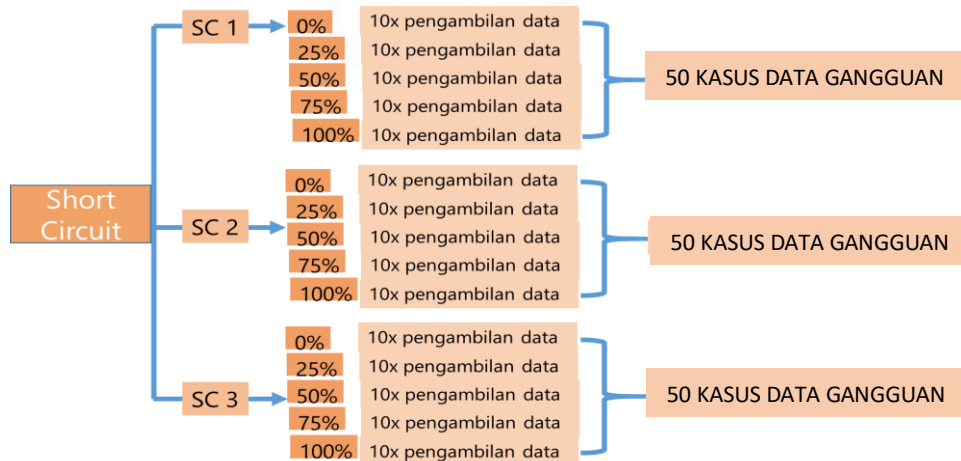
Pada Gambar 4.3 merupakan grafik yang terpilih untuk dijadikan batas ambang aplitudo pada motor normal. Dari gambar tersebut terlihat untuk frekuensi 25 Hz mempunyai amplitudo tertinggi -12,39 dB, pada frekuensi 75 Hz mempunyai amplitudo -23,4 dB, untuk frekuensi 825 Hz memiliki amplitudo sebesar -78,3 dB, sedangkan untuk frekuensi 875 Hz amplitudo terdeteksi yang paling maksimal mencapai -77,13 dB.



Gambar 4.3 Grafik data ambang batas sinyal fluks motor normal

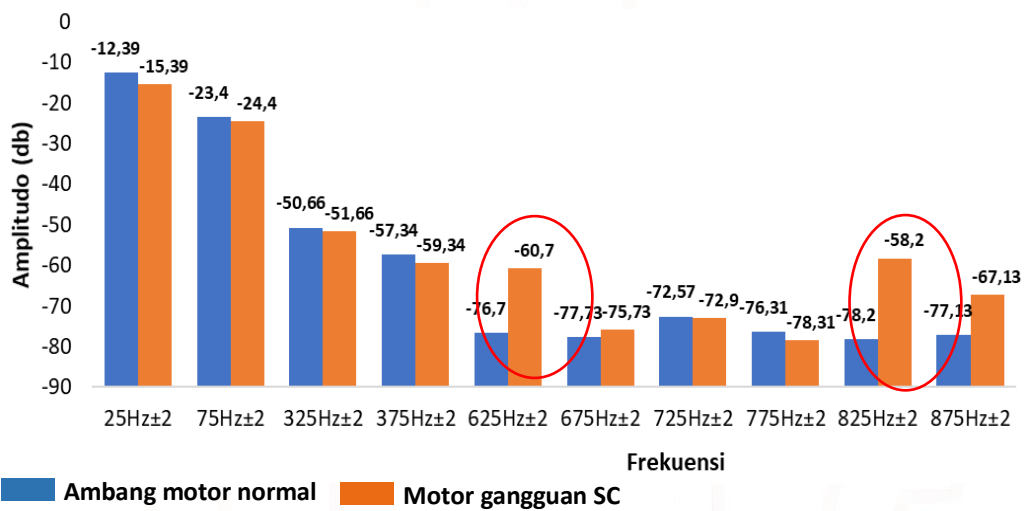
4.5.2 Proses pendeteksian gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks.

Proses pendeteksian gangguan hubung singkat dilakukan setelah diperoleh data ambang batas motor normal. Langkah selanjutnya adalah mengola data motor gangguan hubung singkat. Gambar 4.4 merupakan tahapan untuk mengumpulkan data pengukuran fluks pada motor gangguan hubung singkat.



Gambar 4.4 Pengumpulan data motor gangguan hubung singkat

Gambar 4.4 merupakan proses pengambilan data motor gangguan hubung singkat dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap pembebanan, terdapat 3 tingkatan hubung singkat SC1 merupakan hubung singkat antar belitan satu fasa dengan presentasi hubung singkat 0,75% pada fasa R, SC2 memiliki presentasi hubung singkat sebesar 1,5%, dan SC3 memiliki presentase hubung singkat 3%. Total data gangguan hubung singkat yang dipunya terdapat 150 data. Dari 150 kasus data tersebut akan dibandingkan setiap amplitudo frekuensi dengan data ambang batas motor normal.



Gambar 4.5 Perbandingan amplitudo data motor normal dan motor gangguan hubung singkat

Gambar 4.5 merupakan salah satu contoh data motor terdeteksi adanya gangguan. Jika nilai amplitudo di salah satu frekuensi tersebut melebihi dari data ambang motor normal, maka motor tersebut dikatakan terdeteksi gangguan. Untuk contoh perbandingan pada Gambar 4.5 terlihat di frekuensi 625 Hz amplitudo motor gangguan sebesar -60,7 dB sedangkan pada amplitude ambang batas normal di bawah dari motor gangguan yaitu -76,7 dB. Dengan kenaikan amplitudo ini data motor tersebut dapat dikatakan teridentifikasi adanya gangguan. Begitupun pada lingkaran merah kedua frekuensi 825 Hz terdapat perbedaan kenaikan amplitudo yang signifikan antara 78,2 dB untuk motor normal, sedangkan pada data motor gangguan memiliki amplitudo lebih besar yaitu -58,2 dB.

4.5.3 Presentase Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks

Untuk melihat keberhasilan dalam mendeteksi gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\% = \frac{\text{jumlah terdeteksi gangguan hubung singkat}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100 \quad (4.1)$$

Jumlah data terdeteksi gangguan hubung singkat tergantung dari banyaknya data motor gangguan yang mempunyai amplitudo lebih tinggi dari amplitudo threshold motor normal. Tabel rangkuman amplitudo dari data motor gangguan akan ditunjukkan pada sub bab lampiran yang ada di akhir buku ini. Karena terdapat dua variasi objek penelitian, maka presentase deteksi gangguan dibagi menjadi dua sub bab yaitu berdasarkan variasi pembebanan (0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%) dan variasi keparahan gangguan (SC1, SC2, dan SC3).

4.5.3.1 Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks berdasarkan pembebanan

Hasil dari keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat akan ditampilkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Presentase keberhasilan sinyal fluks untuk mendeteksi gangguan hubung singkat

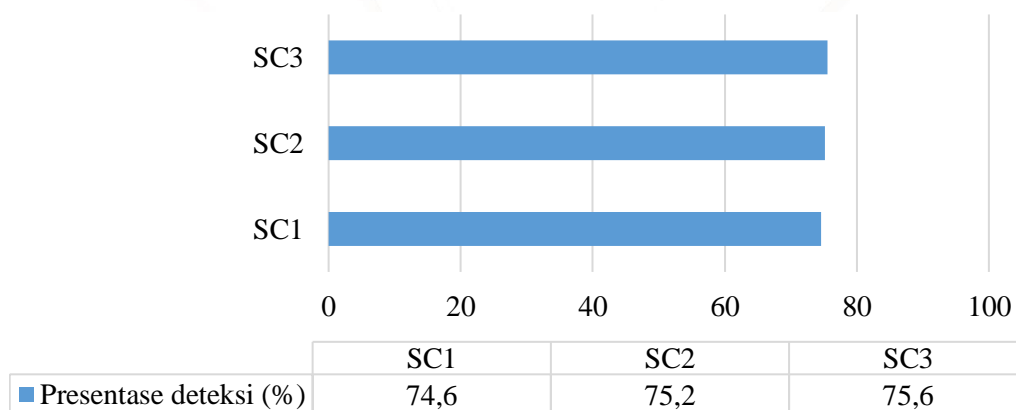
Beban	Presentase keberhasilan Fluks Ø (%)
0%	82,67
25%	75,33
50%	78,33
75%	76
100%	63,33
Rata-Rata	75,132

Dari Tabel 4.6 didapatkan hasil pada pembebanan 0%, keberhasilan deteksi gangguan sebesar 82,67%. Presentase tersebut dihasilkan karena 248 data terdeteksi dari jumlah 300 data untuk pembebanan tanpa beban. Pada pembebanan 25% presentase keberhasilan menurun menjadi 75,33%. Ketika terjadi perubahan variasi pembebanan, dari 50% meningkat menjadi 78,33%, dan saat beban ditambah menjadi 75% keberhasilan deteksi gangguan menurun menjadi 76%. Saat beban penuh keberhasilan deteksi semakin menurun menjadi 65,33%. Dari data tersebut dapat dianalisis bahwa deteksi gangguan hubung singkat saat dilakukan tanpa beban, memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan saat beban penuh.

4.5.3.2 Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal fluks berdasarkan tingkat keparahan gangguan

Untuk mengetahui apakah kenaikan tingkat keparahan berpengaruh dalam mendeteksi gangguan hubung singkat pada motor induksi, maka perlu dipisahkan semua data gangguan setiap jenis keparahan gangguannya (SC1, SC2, dan SC3). Setelah data setiap gangguan dibedakan, data tersebut akan dijumlahkan berapa data yang terdeteksi gangguan pada setiap pembebanan. Tabel 4.7 adalah hasil dari tingkat keberhasilan deteksi berdasarkan keparahan gangguan.

Tabel 4.7 Presentase keberhasilan fluks mendeteksi gangguan berdasarkan keparahan gangguan



Dari Tabel 4.7, terlihat grafik presentase keberhasilan untuk fluks pada gangguan SC1 sebesar 74,6%. Sedangkan untuk SC2 meningkat namun tidak terlalu signifikan yaitu 75,2%. Pada SC3 kenaikannya presentase hanya sebesar 0,4% menjadi 75,6%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan dalam mendeteksi gangguan hubung singkat belitan motor induksi dapat dideteksi menggunakan fluks meskipun keparahan gangguan sangat kecil.

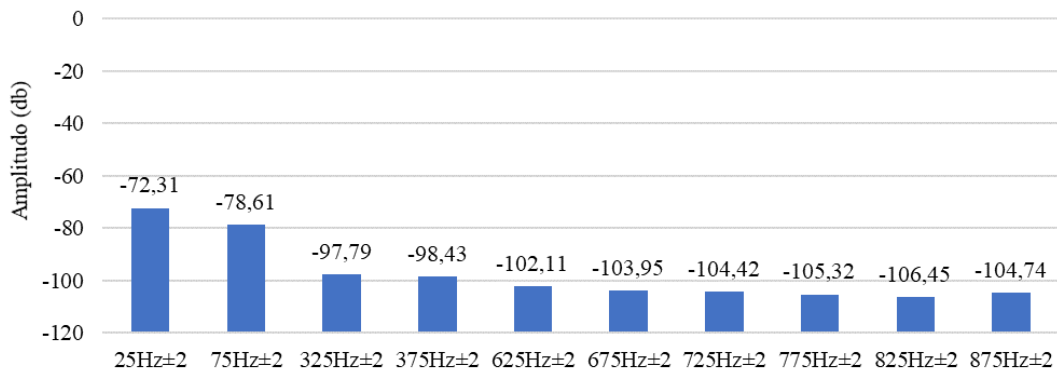
4.6 Hasil Analisis Deteksi Gangguan Hubung Singkat Belitan Stator Pada Sinyal Arus Stator Motor

Hasil penelitian analisis deteksi hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus secara teknis memiliki tahapan yang sama seperti analisis sinyal fluks. Perbedaan terletak pada pengukuran sinyal arus menggunakan perangkat keras data akuisisi dari NI dengan tipe 9246 memiliki kemampuan sampling hingga 50 kilo sampling per detik (kS/S), dengan masukan arus maksimal 20 A, resolusi 24 bit dan keluaran 3 channel.

4.6.1 Mencari ambang batas (*threshold*) dari data pengukuran sinyal arus stator motor normal

Tahapan mencari data ambang batas baik dari sinyal fluks dan sinyal arus mempunyai urutan yang sama. Data motor normal dikumpulkan terlebih dahulu. Jumlah data yang diambil sama dengan sinyal fluks. Terdapat 50 kasus data motor normal. Data tersebut dipilih satu nilai ambang setiap frekuensi amplitudo yang paling maksimal.

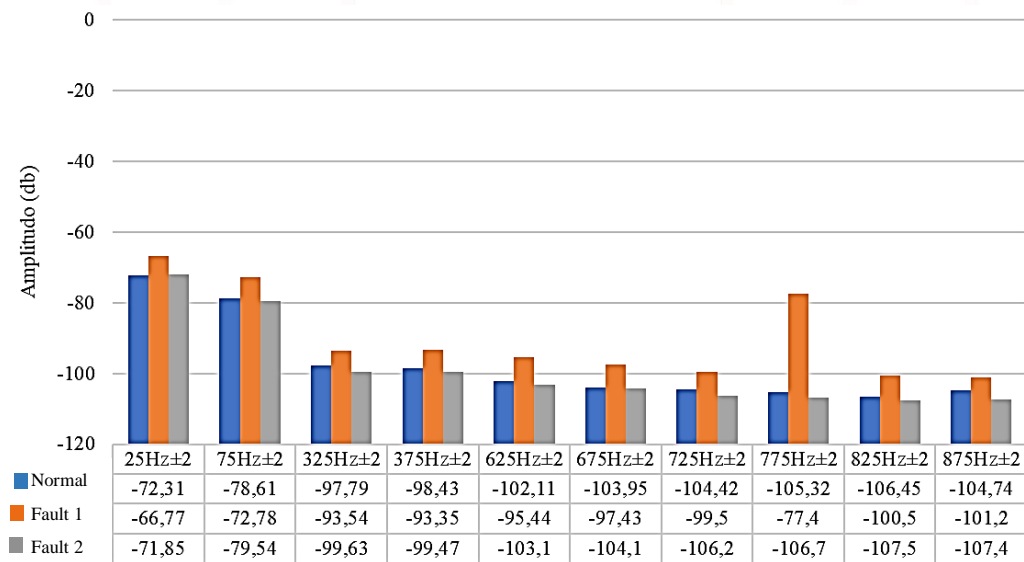
Gambar 4.6 merupakan data ambang batas normal yang sudah dipilih dari data semua data normal arus stator melalui proses yang sama dengan data fluks yang ada di sub bab 4.5.1 sebelumnya.



Gambar 4.6 Grafik ambang data sinyal arus stator motor normal

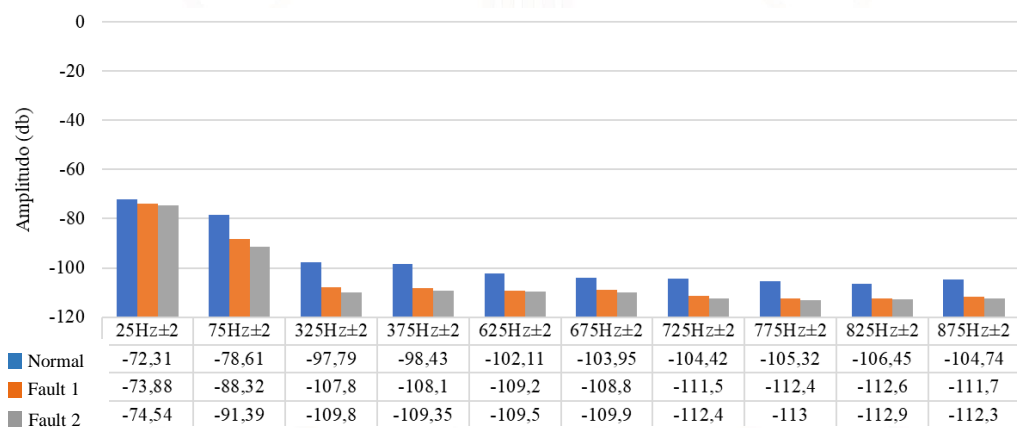
4.6.2 Proses pendeteksian gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator.

Proses pendeteksian gangguan hubung singkat menggunakan sinyal arus stator maupun fluks, mempunyai metode yang sama. Diperlukan data ambang motor normal terlebih dahulu, selanjutnya mengola data motor gangguan hubung singkat. Gambar 4.7 merupakan gambaran untuk mendeteksi gangguan hubung singkat, menggunakan ambang batas dari sinyal arus stator.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan amplitudo data motor normal dan dua data motor gangguan hubung singkat.

Gambar 4.7 merupakan contoh penentuan apakah kedua data motor gangguan tersebut terdeteksi adanya gangguan atau tidak. Jika kita bandingkan antara data normal dengan data gangguan 1 (*fault 1*), terlihat jelas amplitudo disetiap frekuensi yang dimiliki data gangguan 1 melebihi dari amplitudo yang dimiliki data motor normal. Dari perbandingan nilai amplitudo tersebut dapat dikatakan data fault1 berhasil terdeteksi ada gangguan. Sedangkan untuk data gangguan 2 (*fault 2*), jika kita bandingkan nilai amplitudonya dengan data normal hanya ada satu frekuensi yaitu di frekuensi 25 Hz yang mempunyai amplitudo lebih besar dari data normal. Meskipun hanya satu frekuensi dari sepuluh frekuensi yang terdeteksi gangguan, tetap dapat dikatakan bahwa data gangguan 2 terdeteksi gangguan. Selanjutnya pada Gambar 4.8 merupakan salah satu contoh data dari motor gangguan yang tidak terdeteksi gangguan.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan amplitudo data motor normal dan dua data motor gangguan hubung singkat yang tidak terdeteksi gangguan.

Gambar 4.8 menunjukkan grafik perbandingan amplitudo data motor normal dan data dua motor gangguan hubung singkat yang tidak terdeteksi gangguan.. Jika dibandingkan di setiap amplitudo frekuensi tersebut, dua data motor gangguan memiliki amplitudo yang lebih kecil dari data motor normal. Oleh karena itu untuk menghindari kecacatan data perlu pengambilan data lebih dari lima kali, dan harus dibandingkan ke lima data tersebut. Semakin banyak pengambilan data yang diambil, membuat penelitian pendeteksian gangguan hubung singkat ini semakin akurat.

4.6.3 Presentase keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator

Hasil presentase keberhasilan dalam mendeteksi frekuensi hubung singkat pada sinyal arus stator sama halnya dengan analisis fluks, presentase keberhasilan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4.1) yang ada sub bab 4.5.3. Presentase keberhasilan deteksi gangguan akan dibagi menjadi dua kategori. Kategori pertama keberhasilan dianalisis berdasarkan pembebanan, dan kategori kedua keberhasilan deteksi terhadap keparahan gangguan.

4.6.3.1 Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator berdasarkan pembebanan

Terdapat 5 jenis pembebanan dimulai dari 0% - 100%. Hasil dari keberhasilan dapat dilihat 4.8 di bawah ini. Dari Tabel 4.8, pada load 0% presentase keberhasilan mencapai 42,67%. Saat pembebanan bertambah menjadi 25% presentase keberhasilan meningkat menjadi 53,67%.

Tabel 4.8 Presentase keberhasilan sinyal fluks untuk mendeteksi gangguan hubung singkat

Beban	Presentase keberhasilan I (%)
0%	42,67
25%	53,67
50%	67
75%	77,3
100%	63,67
Rata-Rata	60,862

Keberhasilan makin meningkat di presentase beban 50% dan 75%, yaitu sebesar 67% dan 77,3%. Pada beban penuh keberhasilan menjadi menurun menjadi 63,67%. Jika dilihat data keseluruhan dari Tabel 4.8 keberhasilan deteksi gangguan menggunakan sinyal arus stator lebih baik jika diberi pembebanan karena tingkat keberhasilan lebih besar.

4.6.3.2 Keberhasilan deteksi gangguan hubung singkat belitan stator menggunakan sinyal arus stator berdasarkan tingkat keparahan gangguan

Hasil dari presentase keberhasilan sinyal arus berdasarkan variasi kerusakan, sudah dirangkum pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.9 Presentase keberhasilan fluks mendeteksi gangguan berdasarkan keparahan gangguan

Dari Gambar 4.9 diatas SC 3 merupakan gangguan hubung singkat dengan tingkat kerusakan 3% pada belitan R, sedangkan SC2 dan SC1 adalah tingkat gangguan hubung singkat dengan keparahan 1,5% dan 0,75%. Pada keberhasilan deteksi gangguan berdasarkan variasi pembebanan menggunakan sinyal arus stator dapat dilihat bahwa sinyal arus lebih sensitif dalam mendeteksi gangguan jika keparahan gangguan semakin parah, karena pada keparahan gangguan yang sangat kecil, arus stator memiliki peforma yang sangat buruk dilihat dari presentase keberhasilannya yaitu 55,2% dan 55,8%.

.Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN

Hasil dari eksperimen deteksi gangguan hubung singkat pada belitan stator motor induksi melalui analisis FFT, dapat disimpulkan bahwa dengan pengukuran sinyal fluks bocor yang keluar dari badan motor dan ditangkap menggunakan sensor koil 3D berhasil mendeteksi terjadi gangguan hubung singkat. Hal ini ditunjukkan dengan pengambilan data sebanyak 10 kali disetiap kasus gangguan pada setiap variasi pembebanan.

Terdapat 3 kasus gangguan yaitu SC1, SC2, dan SC3. SC1 adalah gangguan hubung singkat pada belitan stator dengan presentase 0,75% pada fasa R, sedangkan SC2 dan SC3 memiliki presentase gangguan 1,5% dan 3% pada fasa yang sama. Pada variasi pembebanan terbagi menjadi lima tingkatan yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Untuk mendukung hasil eksperimen, analisis sinyal arus stator digunakan sebagai referensi dari percobaan menggunakan sinyal fluks bocor dengan teknik yang sama.

Dari hasil eksperimen, diperoleh presentase keberhasilan pendeteksian gangguan hubung singkat pada sinyal fluks bocor untuk tanpa beban sebesar 82,67% dan untuk pembebanan beban penuh presentase keberhasilan menurun menjadi 63,33%. Sedangkan jika menggunakan sinyal arus stator, presentase keberhasilan pendeteksian gangguan hubung singkat berkebalikan dengan sinyal fluks bocor. Pada sinyal arus stator pendeteksian gangguan hubung singkat lebih terlihat menggunakan pembebanan, sedangkan berdasarkan keparahan gangguan sinyal arus stator lebih sensitif pada gangguan yang besar dibandingkan gangguan kecil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Henao *et al.*, "Trends in Fault Diagnosis for Electrical Machines: A Review of Diagnostic Techniques," in *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 8, no. 2, pp. 31-42, June 2014.
- [2] W. T. Thomson, "A review of on-line condition monitoring techniques for three-phase squirrel cage induction motors – Past Present and Future," *IEEE Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives, (SDEMPED'99)*, Gijon (Spain), Sep. 1999, vol. 1, pp. 3-18.
- [3] G. B. Kliman, J. Stain, " Methods of motor current signature analysis, " *Electric Machines and Power Systems*, N. 20, pp.463-474, 1992.
- [4] J. Penman, H. G. Sedding, B. A. Lloyd and W. T. Fink, "Detection and location of interturn short circuits in the stator windings of operating motors," in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 9, no. 4, pp. 652-658, Dec. 1994.
- [5] Yazidi, H. Henao, G. A. Capolino, M. Artioli, F. Filippetti and D. Casadei, "Flux signature analysis: An alternative method for the fault diagnosis of induction machines," *2005 IEEE Russia Power Tech*, St. Petersburg, 2005, pp. 1-6,
- [6] Putra, Ade Kurniawan, Dimas Anton Asfani, and Dedet Candra Riawan. "Desain Peralatan Pendeteksi Gangguan Hubung Singkat Belitan Stator Motor Induksi Menggunakan Arus Online Berbasis Mikrokontroler." *Jurnal Teknik ITS* 4.2 (2016): A211-A216
- [7] Dewantara, Belly Yan. *Eksperimen Deteksi Eksentrisitas Statis Celah Udara Motor Induksi Melalui Analisis Frekuensi Resolusi Pada Arus Stator*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [8] Hermawan, Agung. "Deteksi Kegagalan Isolasi Paa Belitan Stator Motor Induksi Berbasis Fast Fourier Transform. CITEE 2019
- [9] Henao, Humberto, Cristian Demian, and G-A. Capolino. "A frequency-domain detection of stator winding faults in induction machines using an external flux sensor." *IEEE Transactions on Industry Applications* 39.5 (2003): 1272-1279.
- [10] Fireteanu, Virgiliu, and Alexandru-Ionel Constantin. "Stator short-circuit faults detection based on harmonics of the magnetic field in the induction motors neighboring." *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*. IEEE, 2014.
- [11] Lamim Filho, P. C. M., R. Pederiva, and J. N. Brito. "Detection of stator winding faults in induction machines using flux and vibration analysis." *Mechanical Systems and Signal Processing* 42.1-2 (2014): 377-387.
- [12] Assaf, Talal, Humberto Henao, and G-A. Capolino. "Simplified axial flux spectrum method to detect incipient stator inter-turn short-circuits in induction machine." *2004 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. Vol. 2. IEEE, 2004.

- [13] Hanna, Saba A., et al. "Very-low-frequency electromagnetic field detector with data acquisition." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 58.1 (2008): 129-140.
- [14] Henao, H., G. A. Capolino, and C. Martis. "On the stray flux analysis for the detection of the three-phase induction machine faults." *38th IAS Annual Meeting on Conference Record of the Industry Applications Conference, 2003..* Vol. 2. IEEE, 2003.
- [15] Frosini, Lucia, et al. "A novel approach to detect short circuits in low voltage induction motor by stray flux measurement." *2012 XXth International Conference on Electrical Machines.* IEEE, 2012.
- [16] R. Romary, R. Pusca, J. P. Lecoite and J. F. Brudny, "Electrical machines fault diagnosis by stray flux analysis," *2013 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)*, Paris, 2013, pp. 247-256.
- [17] Negrea, Marian. "Electromagnetic flux monitoring for detecting faults in electrical machines." (2006).
- [18] V. Fireteanu, P. Lombard and A. I. Constantin, "Detection of a short-circuit fault in the stator winding of induction motors through neighboring magnetic field harmonics," *2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, Berlin, 2014, pp. 1555-1561.
- [19] Zheng Liu, W. Cao, P. Huang, G. Tian and J. L. Kirtley, "Non-invasive winding fault detection for induction machines based on stray flux magnetic sensors," *2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM)*, Boston, MA, 2016, pp. 1-6.

LAMPIRAN

1. Data Motor Normal Sinyal Fluks

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-12,39	-23,4	-50,66	-57,34	-	-	-	-	-	-
2	12,7	-23,53	-50,67	-57,36	-	-	-72,57	-	-	-
3	-12,16	-23,61	-50,68	-57,38	-76,7	-77,73	-72,57	-	-	-
4	-12,29	-23,67	-50,73	-57,45	-76,99	-77,82	-72,59	-	-	-77,13
5	-12,36	-23,7	-50,75	-57,45	-77	-77,93	-72,61	-76,31	-78,2	-77,13
6	-12,42	-23,9	-50,83	-57,52	-77,04	-78,1	-72,62	-76,41	-78,23	-77,17
7	-12,43	-23,9	-50,85	-57,56	-77,21	-78,1	-72,64	-76,48	-78,3	-77,23
8	-12,43	-24,16	-50,86	-57,56	-77,3	-78,14	-73,03	-76,71	-78,7	-77,26
9	-12,45	-24,3	-51,01	-57,59	-77,31	-78,14	-73,1	-77	-78,95	-77,35
10	-12,45	-24,39	-51,05	-57,6	-77,44	-78,54	-73,11	-77,38	-79,13	-77,38
11	-12,48	-24,49	-51,17	-57,67	-77,67	-78,73	-73,25	-77,48	-79,26	-77,41
12	-12,49	-24,5	-51,28	-57,69	-77,82	-78,74	-73,31	-77,52	-79,26	-77,45
13	-12,5	-24,64	-51,44	-57,69	-77,83	-78,76	-73,38	-77,52	-79,26	-77,45
14	-12,5	-24,68	-51,47	-57,7	-77,91	-78,77	-73,38	-77,93	-79,37	-77,46
15	-12,51	-24,69	-51,5	-57,7	-77,96	-78,82	-73,39	-78,25	-79,39	-77,49
16	-12,54	-25,01	-51,54	-57,72	-78	-78,83	-73,44	-78,34	-79,41	-77,53

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
17	-12,6	-25,08	-51,86	-57,73	-78,05	-78,84	-73,45	-78,51	-79,42	-77,55
18	-12,65	-25,53	-52,1	-57,81	-78,05	-78,98	-73,45	-78,53	-79,49	-77,63
19	-12,7	-25,6	-52,16	-57,82	-78,25	-78,99	-73,52	-78,59	-79,49	-77,63
20	-12,94	-25,77	-52,36	-57,84	-78,89	-78,99	-73,56	-78,6	-79,51	-77,68
21	-12,99	-25,77	-52,4	-57,86	-78,9	-79	-73,66	-78,61	-79,6	-77,73
22	-13,04	-25,84	-52,43	-57,9	-78,92	-79,04	-73,68	-78,61	-79,61	-77,76
23	-13,2	-25,88	-52,74	-57,92	-78,94	-79,69	-73,76	-78,62	-79,89	-77,76
24	-13,22	-26,07	-53,21	-57,94	-78,96	-79,79	-73,87	-78,65	-80,03	-77,78
25	-13,28	-26,18	-53,26	-57,94	-79,25	-79,82	-73,94	-78,66	-80,3	-77,79
26	-13,32	-26,22	-53,35	-57,94	-79,25	-79,82	-73,99	-78,67	-80,55	-77,8
27	-13,38	-26,23	-53,93	-57,95	-79,28	-79,86	-74,04	-78,7	-80,72	-77,8
28	-13,38	-26,24	-54,31	-58	-79,29	-79,93	-74,24	-78,71	-81,15	-77,82
29	-13,43	-26,24	-54,42	-58	-79,41	-79,96	-74,44	-79	-82,29	-77,82
30	-13,45	-26,4	-54,42	-58	-79,43	-79,96	-74,98	-79,03	-83,03	-77,86
31	-13,5	-27,4	-54,81	-58,06	-79,45	-80,55	-76,62	-79,13	-83,61	-77,93
32	-13,53	-27,49	-54,86	-58,07	-79,89	-80,74	-76,79	-79,45	-83,63	-77,97
33	-13,54	-27,5	-55,28	-58,07	-80,13	-81,68	-77,02	-79,75	-83,69	-77,99
34	-13,57	-27,6	-55,54	-58,1	-82,31	-82,46	-77,29	-79,75	-83,7	-78,01
35	-13,6	-28,1	-55,62	-58,12	-82,32	-82,79	-77,55	-79,75	-83,75	-78,09
36	-13,6	-28,63	-55,86	-58,15	-82,33	-83,48	-77,64	-79,76	-83,77	-78,23

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
37	-13,66	-28,73	-56,25	-58,23	-82,36	-83,48	-77,91	-79,77	-83,78	-78,49
38	-13,76	-28,8	-56,73	-58,37	-82,37	-84,89	-78,1	-79,78	-83,79	-79,01
39	-13,77	-29,24	-56,86	-58,54	-82,4	-84,89	-78,26	-79,82	-83,88	-79,02
40	-13,86	-29,3	-57,56	-58,72	-82,55	-84,91	-79,12	-79,84	-83,91	-79,09
41	-13,9	-29,34	-57,77	-59,17	-82,67	-84,92	-79,2	-79,9	-83,95	-79,2
42	-14,03	-29,52	-57,82	-59,36	-82,75	-84,92	-79,35	-79,9	-83,98	-79,21
43	-14,13	-30	-58,04	-59,42	-82,8	-85,04	-79,39	-79,96	-84,22	-80,12
44	-14,24	-30,96	-58,3	-60	-82,83	-85,08	-79,59	-80,65	-84,49	-80,16
45	-14,98	-31,27	-58,3	-60,32	-82,89	-85,21	-79,64	-81,1	-84,63	-80,23
46	-15,08	-32,82	-58,8	-60,61	-84,39	-85,3	-79,79	-81,25	-85,04	-80,39
47	-15,14	-32,83	-59,01	-60,79	-84,46	-85,33	-79,88	-81,36	-86,2	-80,4
48	-15,14	-32,85	-59,5	-61,06	-84,59	-85,58	-80,2	-82,23	-87,18	-81,2
49	-15,16	-32,99	-68,24	-61,6	-86,29	-85,6	-80,99	-82,53	-87,7	-82,42
50	-15,9	-33,38	-45283	-61,63	-86,43	-85,63	-86,52	-83	-87,76	-82,5

2. Data Motor gangguan Sinyal Fluks Pada Beban 0%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-9,329	-17,89	-47,18	-50,23	-53,17	-59,34	-65,92	-66,79	-68,04	-67,99

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
2	-9,85	-17,92	-47,2	-51,63	-54,47	-61,08	-65,93	-67,69	-68,27	-68,24
3	-9,98	-18,1	-47,21	-51,78	-54,53	-61,45	-66,16	-68,1	-68,4	-68,65
4	-9,98	-18,22	-47,35	-52,19	-54,72	-62,34	-67,37	-68,25	-68,59	-68,68
5	-9,986	-18,31	-47,85	-52,49	-54,8	-62,49	-67,46	-68,75	-69,16	-68,7
6	-10,2	-18,92	-48	-52,52	-55,18	-62,52	-67,97	-69,28	-69,45	-68,71
7	-10,38	-18,95	-48,21	-52,57	-55,21	-62,59	-68,44	-69,31	-69,47	-68,79
8	-10,4	-18,97	-48,4	-52,9	-55,21	-63,53	-68,66	-69,56	-69,85	-70,35
9	-10,4	-19	-48,74	-52,92	-55,6	-63,73	-68,74	-69,74	-69,93	-70,53
10	-10,55	-19,16	-48,89	-52,92	-56,09	-63,78	-68,96	-69,75	-70,06	-70,55
11	-10,63	-19,25	-49	-53	-56,6	-64,35	-69,47	-69,79	-70,1	-70,8
12	-10,65	-19,7	-49,46	-53,14	-56,7	-64,62	-69,96	-70,74	-70,34	-71,55
13	-10,95	-19,8	-49,48	-53,15	-57	-64,66	-70,05	-71,46	-70,4	-72,1
14	-11,06	-19,89	-49,74	-53,28	-57,14	-64,72	-70,76	-71,59	-70,66	-73,22
15	-11,3	-20	-49,8	-53,41	-57,45	-64,72	-70,9	-72,29	-70,97	-73,62
16	-11,41	-20,04	-50,15	-53,41	-57,85	-65,51	-71	-73,59	-73,18	-73,81
17	-11,49	-20,28	-50,2	-53,51	-57,87	-65,8	-71,33	-73,62	-73,55	-74,71
18	-11,66	-20,67	-50,27	-53,51	-58,09	-65,83	-72,51	-73,8	-74,47	-74,91
19	-11,67	-20,85	-50,34	-53,7	-58,2	-65,84	-72,57	-74,35	-74,97	-75,49
20	-11,7	-20,85	-50,39	-53,72	-58,21	-66,5	-73,37	-74,76	-75,45	-77,13
21	-11,86	-21,08	-50,66	-54,55	-58,29	-66,7	-73,4	-74,92	-76,41	-77,15

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
22	-12,24	-21,28	-51,31	-54,82	-58,34	-66,78	-73,57	-75,63	-77,02	-77,64
23	-12,39	-21,67	-51,55	-54,83	-58,37	-68,25	-74,95	-76,31	-77,02	-78,28
24	-12,45	-22,17	-51,56	-54,96	-58,46	-70,66	-74,95	-77,46	-78,2	-78,32
25	-12,64	-22,32	-51,66	-55,03	-58,57	-71,25	-75,12	-77,7	-78,66	-78,72
26	-12,8	-22,65	-51,76	-55,31	-58,77	-72,19	-75,35	-78,17	-79,03	-80,38
27	-13,57	-22,7	-51,76	-55,85	-59,45	-72,47	-77,2	-79,19	-79,16	-80,47
28	-13,58	-23,25	-51,8	-56,2	-59,58	-72,82	-77,58	-79,89	-79,74	-80,47
29	-13,76	-23,4	-52,26	-57,34	-60,84	-73,8	-78,95	-79,89	-80,28	-80,81
30	-13,83	-24,09	-52,82	-57,41	-76,7	-77,73	-80,19	-80,59	-81,68	-82,78

3. Data Motor gangguan Sinyal Fluks Pada Beban 25%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-10,6	-18,67	-44,98	-54,21	-65,63	-67,17	-6,14	-68,7	-69,28	-69,25
2	-10,68	-18,85	-45,33	-54,33	-68,72	-67,66	-68,02	-70,22	-71,66	-71,16
3	-10,7	-18,89	-45,45	-54,4	-68,73	-68,15	-68,97	-70,74	-71,73	-71,18
4	-10,74	-19,03	-45,7	-54,76	-69,42	-68,92	-70,2	-70,95	-71,76	-72,44
5	-10,95	-19,21	-45,96	-54,77	-69,42	-68,93	-70,29	-71,59	-71,84	-72,73
6	-11	-19,22	-46	-54,79	-70,25	-69,02	-70,62	-72,15	-71,94	-73,22

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
7	-11	-19,26	-46,03	-55,01	-70,41	-69,57	-70,64	-72,33	-71,98	-73,28
8	-11	-19,54	-46,13	-55,06	-70,41	-69,88	-70,64	-72,6	-72,09	-73,28
9	-11,05	-19,75	-46,45	-55,41	-70,57	-70,09	-70,99	-72,73	-72,09	-73,28
10	-11,07	-19,78	-46,72	-55,41	-70,65	-70,53	-71,56	-72,8	-72,42	-73,5
11	-11,15	-20,08	-46,73	-55,6	-70,97	-70,66	-71,76	-72,8	-72,94	-74,5
12	-11,18	-20,17	-47,27	-56,2	-71,08	-70,72	-72,45	-73,91	-73,97	-74,88
13	-11,29	-20,47	-47,87	-56,28	-71,59	-70,94	-72,8	-74,45	-75,59	-74,93
14	-11,31	-20,48	-48,91	-56,66	-71,59	-70,94	-73,25	-74,66	-75,89	-75,39
15	-11,4	-20,67	-49,1	-56,96	-72,43	-72,16	-74,25	-74,91	-76,23	-75,78
16	-11,46	-20,79	-49,19	-57,73	-72,49	-72,21	-74,45	-75,3	-76,4	-76,41
17	-11,56	-20,88	-49,34	-57,88	-72,59	-72,25	-74,46	-75,43	-76,66	-77,1
18	-11,56	-20,93	-49,44	-57,95	-72,99	-72,31	-74,49	-75,65	-76,79	-77,74
19	-11,72	-20,93	-49,44	-57,96	-73,3	-72,49	-75,34	-76,19	-77,18	-78,08
20	-12,07	-21,02	-49,68	-58,12	-73,4	-72,62	-75,68	-76,72	-77,43	-78,4
21	-12,14	-21,14	-49,75	-58,24	-73,56	-72,76	-76,41	-77,12	-77,68	-78,48
22	-12,21	-21,2	-49,94	-58,78	-74,08	-73,14	-76,93	-77,58	-77,74	-78,5
23	-12,24	-21,24	-49,96	-58,92	-74,25	-73,35	-77,61	-77,95	-77,94	-78,64
24	-12,41	-21,34	-50,1	-59,36	-74,63	-73,77	-77,84	-78,63	-78,33	-79,06
25	-12,5	-21,42	-50,2	-59,71	-75,32	-73,78	-77,88	-78,64	-78,73	-79,12
26	-12,56	-21,51	-50,46	-59,74	-75,38	-74,96	-78,11	-78,77	-79,92	-79,48

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
27	-12,95	-21,53	-50,6	-60,04	-75,98	-75,03	-78,16	-79,55	-80,15	-80,39
28	-13,36	-21,68	-50,93	-60,23	-76,24	-75,53	-78,64	-80,23	-80,18	-80,75
29	-13,67	-22,25	-51,75	-60,32	-76,34	-75,62	-78,92	-80,24	-80,37	-81,14
30	-14,09	-22,88	-52,89	-61,58	-76,42	-76,23	-79,1	-80,6	-80,81	-81,19

4. Data Motor gangguan Sinyal Fluks Pada Beban 50%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-10,48	-19	-45,7	-52,34	-64,64	-53,31	-67,61	-63,96	-68,38	-66,85
2	-10,48	-19,38	-45,86	-52,5	-65,19	-54,38	-67,7	-65,68	-68,99	-68,91
3	-10,57	-19,5	-46	-53,57	-65,91	-54,75	-68,11	-66,76	-69,62	-69,69
4	-10,68	-19,73	-46,08	-54,51	-65,97	-63,67	-68,11	-66,76	-69,83	-69,92
5	-10,68	-20	-47,36	-54,99	-67,08	-63,97	-68,21	-66,79	-70,07	-70,29
6	-10,71	-20	-47,52	-55,14	-67,08	-64,11	-68,56	-67,34	-70,1	-70,43
7	-10,73	-20	-47,72	-55,92	-67,35	-66,54	-68,64	-68,44	-70,11	-70,65
8	-10,76	-20,62	-48,45	-56,32	-67,88	-67,42	-69,02	-68,53	-70,17	-70,72
9	-10,77	-20,7	-48,52	-56,6	-68,15	-67,64	-69,16	-68,7	-70,27	-70,84
10	-10,78	-20,76	-48,59	-56,6	-68,5	-67,7	-70,45	-68,71	-71,86	-72,32
11	-10,78	-20,8	-49,04	-56,61	-69,14	-67,72	-71,95	-68,75	-72,68	-72,38

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
12	-10,83	-20,85	-49,36	-56,61	-69,36	-68,18	-72,32	-69,62	-73,86	-72,38
13	-10,84	-20,86	-49,52	-56,75	-69,4	-68,38	-72,32	-69,97	-73,91	-72,61
14	-10,84	-21,08	-49,54	-56,75	-69,46	-68,54	-73,12	-70,16	-74,21	-73,13
15	-10,85	-21,16	-49,71	-57,32	-69,78	-68,64	-73,2	-70,38	-74,28	-73,32
16	-11,06	-21,22	-49,71	-57,48	-69,94	-68,92	-73,27	-70,56	-75,15	-73,67
17	-11,08	-21,41	-49,98	-57,52	-69,98	-69,6	-73,27	-70,56	-75,3	-74,12
18	-11,09	-21,54	-50	-57,58	-70,34	-70,78	-73,42	-72,48	-75,73	-74,31
19	-11,63	-21,67	-50,2	-58,19	-70,34	-71,2	-74,22	-73,11	-76,34	-74,74
20	-11,8	-21,7	-50,69	-58,29	-71,23	-72	-74,86	-73,74	-76,38	-75,12
21	-11,8	-21,73	-50,82	-58,41	-72,176	-73,12	-74,94	-73,87	-76,57	-75,42
22	-12,1	-22,26	-50,94	-58,9	-72,56	-73,12	-75,03	-73,92	-77	-75,43
23	-12,23	-22,85	-51,11	-59,26	-72,88	-73,79	-75,08	-74,12	-77,07	-76,91
24	-12,28	-23,14	-51,19	-59,63	-73,58	-74,34	-75,24	-75,1	-77,51	-77,03
25	-12,55	-23,16	-51,19	-60,27	-73,66	-75,24	-76,83	-75,96	-77,56	-77,06
26	-12,6	-23,23	-51,43	-61,2	-74,83	-76,29	-77	-76,38	-78,26	-77,06
27	-12,99	-23,38	-51,79	-61,39	-75,92	-77,12	-77,8	-76,7	-78,26	-78,33
28	-13,53	-23,51	-51,79	-61,39	-75,92	-77,12	-77,8	-76,7	-78,86	-78,96
29	-14,34	-24,72	-52,17	-62,13	-75,96	-77,43	-78,47	-77,28	-80	-78,96
30	-14,34	-24,72	-53,05	-62,32	-75,96	-77,43	-78,47	-78,56	-80	-7516

5. Data Motor gangguan Sinyal Fluks Pada Beban 75%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25 Hz ± 2	75 Hz ± 2	325 Hz ± 2	375 Hz ± 2	625 Hz ± 2	675 Hz ± 2	725 Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-10,68	-20,75	-46,53	-50,43	-65,22	-55,13	-67,06	-62,07	-68,8	-66,17
2	-10,71	-20,76	-46,84	-50,84	-65,55	-55,13	-67,72	-62,07	-68,99	-67,8
3	-10,93	-20,84	-47,01	-51,6	-66,15	-55,14	-67,79	-62,32	-69	-67,8
4	-11,08	-20,85	-47,01	-51,6	-66,99	-56,43	-68,19	-62,59	-69,09	-67,9
5	-11,23	-20,88	-47,34	-51,96	-67,07	-57,62	-68,61	-64,02	-69,57	-68,3
6	-11,47	-20,89	-47,54	-52,02	-67,38	-57,9	-68,86	-65,22	-70,39	-68,53
7	-11,55	-21,25	-47,96	-52,08	-67,8	-58,09	-69,11	-66,52	-71,06	-69,15
8	-11,56	-21,31	-48,1	-52,08	-68,02	-58,2	-70,3	-66,53	-71,76	-69,56
9	-11,6	-21,44	-48,21	-52,18	-69,04	-59,23	-70,45	-66,65	-72,45	-70,03
10	-11,65	-21,57	-48,61	-52,25	-69,57	-59,3	-70,79	-66,99	-72,91	-70,13
11	-11,67	-21,63	-49,11	-52,29	-70,04	-59,49	-71,09	-67,06	-72,93	-70,14
12	-11,73	-21,65	-49,45	-52,44	-70,19	-59,89	-71,68	-67,18	-73,81	-70,5
13	-11,74	-21,8	-49,59	-52,94	-70,19	-60,98	-71,74	-67,42	-74,03	-71,02
14	-11,85	-21,82	-49,72	-53,05	-70,59	-61,15	-72,59	-67,89	-74,04	-71,35
15	-12,38	-21,89	-50,04	-53,07	-70,9	-61,41	-75,16	-68,93	-74,51	-71,92
16	-12,41	-21,92	-50,1	-53,21	-71,32	-62,32	-75,16	-69,02	-74,66	-72,8
17	-13,05	-21,97	-50,11	-53,7	-71,36	-62,53	-75,25	-69,62	-74,83	-72,8
18	-13,07	-22,01	-50,11	-53,9	-71,46	-64,02	-75,29	-70,8	-75,46	-73,67
19	-13,37	-22,17	-50,48	-53,9	-71,62	-64,24	-75,56	-71,58	-75,99	-74,12

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25 Hz ± 2	75 Hz ± 2	325 Hz ± 2	375 Hz ± 2	625 Hz ± 2	675 Hz ± 2	725 Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
20	-13,46	-22,44	-50,53	-54,92	-71,7	-66,2	-76,77	-72,51	-75,99	-74,5
21	-13,79	-22,59	-50,71	-54,93	-72,24	-67,13	-76,77	-72,87	-77,43	-74,63
22	-13,81	-22,72	-50,8	-55,98	-72,66	-68,23	-77,41	-73,15	-77,43	-74,63
23	-14,07	-22,74	-50,8	-56,43	-72,66	-68,3	-77,43	-74,14	-78,03	-76,61
24	-14,13	-23,07	-50,92	-57,05	-72,84	-71,32	-79,36	-74,14	-79,28	-76,79
25	-14,17	-23,07	-50,94	-58,69	-73,6	-72,27	-79,4	-75,09	-79,4	-77,67
26	-14,24	-23,14	-50,96	-60,65	-73,71	-73,22	-79,78	-75,84	-79,69	-78,02
27	-14,64	-23,14	-51,4	-62,1	-74,64	-73,22	-79,84	-77,4	-79,79	-78,84
28	-15,05	-24,43	-51,6	-62,17	-76,7	-75,7	-80,36	-77,84	-80,79	-79,03
29	-15,05	-24,74	-52,4	-62,82	-77,11	-76,93	-80,96	-79,21	-80,84	-80,5
30	-15,46	-25,01	-52,85	-65,5	-77,21	-78,51	-80,97	-79,23	-81,29	-82,7

6. Data Motor gangguan Sinyal Fluks Pada Beban 100%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-11,67	-21,17	-47,17	-55,13	-67,19	-67,67	-68,67	-68,91	-69,17	-70,1
2	-11,88	-21,67	-47,8	-55,3	-67,19	-67,94	-68,67	-68,91	-69,17	-70,46
3	-12,09	-21,67	-47,91	-56,02	-67,69	-68,01	-69,68	-70,23	-69,68	-70,49
4	-12,1	-21,78	-47,91	-56,1	-68,72	-70,61	-69,94	-70,75	-70,1	-70,74

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
5	-12,17	-21,78	-49,01	-56,5	-69,04	-70,66	-70,35	-71,15	-70,21	-71,63
6	-12,17	-21,78	-49,24	-56,5	-70,08	-70,71	-70,443	-71,63	-70,75	-71,86
7	-12,19	-21,86	-49,3	-56,54	-70,51	-70,73	-71,31	-71,77	-71,57	-71,91
8	-12,19	-21,91	-49,3	-56,66	-70,85	-71,94	-71,75	-72,22	-71,89	-72,5
9	-12,19	-22,23	-49,3	-56,92	-70,85	-72,23	-72,36	-72,22	-72,21	-73,6
10	-12,25	-22,24	-49,42	-56,92	-71,24	-72,4	-72,8	-72,27	-72,53	-73,6
11	-12,27	-22,47	-49,6	-56,92	-71,39	-72,93	-72,83	-72,3	-72,58	-73,67
12	-12,4	-22,72	-49,62	-57,06	-71,54	-72,93	-73,07	-72,67	-73,03	-73,96
13	-12,42	-22,77	-49,62	-57,06	-71,54	-74,25	-75,32	-73,4	-73,16	-74,28
14	-12,45	-22,77	-49,68	-57,21	-71,69	-74,77	-75,97	-73,89	-73,5	-76,77
15	-12,45	-22,8	-50,06	-57,24	-71,69	-74,77	-76	-75,07	-73,94	-77,09
16	-12,45	-22,81	-50,06	-57,6	-72,48	-75,06	-76,24	-75,38	-73,94	-77,09
17	-12,47	-22,87	-50,11	-57,97	-72,59	-75,14	-76,24	-75,38	-74,29	-77,35
18	-12,48	-22,89	-50,49	-58,35	-72,74	-75,14	-76,56	-75,9	-74,45	-77,51
19	-12,82	-22,95	-50,69	-58,51	-73,68	-75,53	-76,56	-75,9	-74,7	-77,58
20	-12,86	-23,18	-50,69	-58,55	-73,87	-75,53	-76,56	-76,79	-75,43	-77,62
21	-12,91	-23,37	-50,83	-58,73	-73,87	-75,98	-76,61	-76,79	-75,43	-77,84
22	-12,91	-23,91	-51,44	-59,26	-73,87	-75,98	-76,79	-76,81	-77,5	-78
23	-12,97	-23,91	-51,46	-59,48	-74,32	-75,98	-77,24	-77,13	-77,5	-78
24	-12,97	-23,97	-51,47	-60,41	-74,35	-76,59	-77,56	-77,68	-77,97	-78,34

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
25	-13,47	-24,66	-51,85	-60,62	-74,6	-77,35	-77,81	-78,15	-78,08	-78,96
26	-13,99	-24,8	-51,94	-60,72	-74,6	-77,49	-77,93	-78,21	-78,36	-79,16
27	-14,13	-24,81	-52,06	-60,79	-75,52	-77,5	-78,22	-78,21	-78,38	-79,4
28	-15,1	-25,03	-52,24	-60,88	-75,91	-78,26	-78,75	-78,21	-78,41	-79,43
29	-15,38	-25,03	-52,63	-60,98	-76,79	-78,3	-79,37	-78,35	-78,63	-79,43
30	-15,5	-25,35	-52,78	-61,1	-79,97	-79,13	-81,12	-80,67	-80,94	-80,97

7. Data Motor Normal Sinyal Arus Stator

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-72,31	-	-97,79	-98,43	-102,11	-103,95	-104,42	-105,32	-106,45	-104,74
2	-72,51	-78,61	-98,61	-98,43	-102,7	-103,98	-104,7	-105,39	-106,6	-104,87
3	-72,61	-78,65	-98,7	-98,85	-102,7	-103,99	-105	-105,8	-106,6	-104,99
4	-72,98	-78,68	-98,7	-98,89	-103,2	-104,03	-105,2	-106,4	-106,7	-104,99
5	-73,33	-78,68	-98,79	-98,99	-103,2	-104,2	-105,2	-106,6	-107	-105
6	-73,33	-78,83	-98,79	-98,99	-103,2	-104,3	-105,2	-106,6	-107,1	-105
7	-73,49	-78,86	-98,82	-99,07	-103,3	-104,3	-105,4	-106,6	-107,1	-105,3
8	-73,49	-78,87	-98,84	-99,09	-103,42	-104,56	-105,4	-106,62	-107,4	-105,3
9	-74,45	-78,87	-98,84	-99,13	-103,6	-104,9	-105,7	-106,7	-107,5	-105,3

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
10	-74,56	-78,88	-98,86	-99,13	-104	-104,9	-105,7	-106,8	-107,7	-105,4
11	-74,61	-78,89	-98,95	-99,16	-104	-104,92	-105,7	-106,8	-107,8	-105,6
12	-74,81	-79,07	-99,01	-99,28	-104,3	-104,92	-105,8	-107,1	-107,8	-105,6
13	-74,83	-79,07	-99,1	-99,42	-104,3	-104,93	-105,8	-107,4	-107,9	-105,9
14	-74,83	-79,07	-99,2	-99,55	-104,3	-105,4	-106,2	-107,5	-108	-105,9
15	-74,9	-79,18	-99,25	-99,55	-104,3	-105,5	-106,3	-107,89	-108	-106
16	-74,93	-79,18	-99,45	-99,63	-104,4	-105,9	-106,4	-108	-108,4	-106,3
17	-75,11	-79,32	-99,48	-99,77	-104,5	-106,7	-106,5	-108	-108,4	-106,4
18	-75,13	-79,32	-99,62	-99,86	-104,69	-106,9	-106,9	-108,1	-108,4	-106,6
19	-75,17	-79,45	-99,68	-99,86	-104,7	-106,9	-107,1	-108,23	-108,8	-106,6
20	-75,4	-79,45	-99,9	-100,04	-104,8	-106,93	-107,1	-108,23	-108,9	-106,8
21	-75,41	-79,5	-99,94	-100,1	-104,8	-107	-107,2	-108,23	-108,9	-107
22	-75,42	-79,67	-99,94	-100,13	-105,5	-107,04	-107,4	-108,7	-109	-107
23	-75,45	-79,76	-101,18	-100,3	-106,1	-107,5	-107,6	-108,8	-109,1	-107,4
24	-75,57	-79,88	-101,3	-100,33	-106,1	-107,9	-107,6	-108,86	-109,3	-107,5
25	-75,76	-79,93	-101,31	-100,42	-107,8	-107,9	-107,7	-108,89	-109,4	-107,5
26	-75,79	-79,97	-101,31	-100,51	-107,91	-108	-107,8	-108,9	-109,4	-107,7
27	-76,08	-79,99	-101,5	-100,52	-108,19	-108,34	-107,8	-109,5	-109,4	-107,74
28	-76,37	-81,22	-101,5	-100,7	-108,2	-108,39	-108,2	-109,5	-109,5	-107,74

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
29	-76,45	-83,02	-101,9	-100,84	-108,29	-108,39	-108,2	-109,6	-109,6	-107,8
30	-76,49	-84,39	-102,5	-101	-108,36	-109,1	-108,4	-109,69	-109,6	-108
31	-76,49	-84,4	-102,54	-101,3	-108,37	-109,1	-108,4	-109,7	-109,64	-108,2
32	-76,63	-84,96	-103	-101,5	-108,41	-109,1	-108,7	-109,73	-109,64	-108,6
33	-76,72	-84,99	-103,02	-101,5	-108,59	-109,3	-108,9	-109,78	-110	-108,7
34	-77,04	-84,99	-103,02	-102,5	-108,59	-109,39	-109,1	-110	-110,2	-108,8
35	-77,17	-85,05	-103,08	-102,51	-108,66	-109,4	-109,3	-110,6	-111,1	-108,8
36	-77,17	-86,15	-103,16	-102,8	-108,67	-109,5	-109,68	-110,8	-111,2	-109,21
37	-77,18	-86,39	-103,33	-103	-108,68	-109,95	-109,68	-111,1	-111,8	-109,5
38	-77,24	-86,43	-103,66	-103,2	-108,74	-110	-110	-111,8	-111,9	-109,8
39	-77,26	-87,13	-103,73	-103,3	-108,76	-110,5	-110	-111,8	-111,9	-109,8
40	-77,52	-87,17	-103,73	-104,4	-108,93	-111,16	-110,5	-112,2	-112,5	-109,84
41	-77,57	-87,31	-103,8	-104,5	-109,07	-111,64	-110,8	-112,4	-112,8	-109,9
42	-77,84	-87,37	-106,4	-104,9	-109,13	-111,64	-111,3	-112,7	-113,7	-109,92
43	-78,07	-87,71	-106,84	-105,9	-109,25	-111,68	-111,4	-112,8	-113,7	-110,3
44	-78,45	-88,03	-106,88	-105,9	-109,29	-112,8	-111,6	-112,9	-114,1	-110,5
45	-78,47	-88,05	-107,08	-105,9	-109,48	-113,3	-113,9	-113	-114,2	-110,5
46	-78,73	-88,26	-107,25	-107,4	-109,59	-113,3	-114,2	-113	-114,7	-110,9
47	-78,87	-88,35	-107,25	-107,4	-109,67	-113,7	-114,7	-113,4	-114,7	-111

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
48	-79,12	-88,6	-107,9	-108,66	-109,7	-114,5	-124,3	-113,5	-114,8	-111,5
49	-79,3	-88,65	-107,9	-108,9	-109,99	-115	-199,22	-113,6	-185,7	-117
50	-79,3	-88,65	-111,6	-110,1	-115	-190,9	-199,68	-113,7	-108,5	-118,3

8. Data Motor gangguan Sinyal Arus Stator Pada Beban 0%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-66,77	-72,78	-93,54	-93,35	-95,44	-97,43	-99,5	-77,4	-100,5	-101,2
2	-66,98	-74,68	-94,41	-94,61	-96,53	-99,36	-101	-100,7	-102,4	-101,9
3	-67,69	-75,02	-95,01	-94,65	-97,4	-99,39	-101,9	-101,3	-102,7	-102,7
4	-68,63	-75,26	-95,77	-95,47	-98,66	-100,6	-102	-102,3	-103,3	-103,4
5	-68,86	-75,46	-97,3	-96,91	-98,92	-100,8	-103,4	-102,3	-103,5	-105
6	-69,02	-75,67	-98,47	-97,27	-99,24	-100,9	-103,4	-103,6	-105,2	-105,1
7	-71,01	-75,79	-98,53	-98,2	-100,2	-101,2	-103,7	-103,7	-105,3	-105,8
8	-71,23	-76,73	-98,63	-98,35	-100,6	-101,3	-103,8	-105,1	-105,7	-106,6
9	-71,24	-77,97	-98,74	-98,35	-100,9	-102,4	-104,3	-106,2	-106,6	-106,8
10	-71,3	-78,02	-98,92	-98,85	-101,9	-103,103	-104,7	-106,5	-107,1	-106,9
11	-71,66	-79,08	-99	-99,07	-102,4	-103,4	-106,1	-106,6	-107,3	-107,1
12	-71,66	-79,54	-99,63	-99,47	-103,1	-104,1	-106,2	-106,7	-107,5	-107,4

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
13	-71,85	-80,46	-99,64	-99,59	-103,4	-104,1	-106,2	-107,2	-107,6	-107,7
14	-71,92	-81,43	-100,1	-100,8	-103,6	-104,3	-106,4	-107,9	-107,7	-107,9
15	-72,08	-81,86	-100,3	-100,8	-103,6	-104,5	-106,6	-107,9	-108,7	-108,2
16	-72,1	-82,21	-100,8	-101,2	-103,6	-104,7	-107,2	-108,5	-109,3	-108,3
17	-72,21	-82,22	-100,9	-102,1	-104,104	-105,3	-107,6	-109	-109,8	-108,4
18	-72,22	-83,03	-101,2	-102,1	-104,8	-105,3	-107,6	-109,1	-109,9	-108,8
19	-72,28	-83,08	-101,8	-102,3	-105,105	-105,5	-107,7	-109,2	-110,4	-109,7
20	-72,33	-83,54	-102	-103,1	-105,2	-105,8	-108,6	-109,5	-110,8	-110,2
21	-72,61	-84,1	-102,1	-103,8	-105,6	-106,3	-108,7	-109,8	-111	-110,4
22	-72,7	-84,7	-102,2	-104,5	-106,4	-106,6	-108,8	-110	-111	-110,7
23	-72,72	-84,79	-102,6	-104,7	-106,4	-106,8	-109,6	-110,1	-111,1	-110,9
24	-72,92	-85,01	-102,8	-105,5	-106,6	-107,1	-109,8	-110,9	-111,1	-110,9
25	-73,02	-85,82	-103,1	-105,8	-106,7	-107,2	-110,1	-111,2	-111,4	-110,9
26	-73,38	-86,4	-103,6	-106,7	-107,3	-107,2	-110,3	-111,5	-111,5	-111,18
27	-73,6	-86,61	-104,8	-107,7	-107,8	-107,2	-110,6	-111,6	-112,1	-111,3
28	-73,62	-86,69	-106,2	-107,9	-108,6	-108,3	-110,7	-111,6	-112,2	-111,3
29	-73,88	-88,32	-107,8	-108,1	-109,2	-108,8	-111,5	-112,4	-112,6	-111,7
30	-74,54	-91,39	-109,8	-109,35	-109,5	-109,9	-112,4	-113	-112,9	-112,3

9. Data Motor gangguan Sinyal Arus Stator Pada Beban 25%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-58,94	-58,8	-90,98	-93,03	-80,12	-100,3	-101,1	-101,5	-101,7	-102
2	-58,97	-59,1	-91,12	-93,83	-99,65	-100,9	-101,7	-102,1	-102	-102,2
3	-59,04	-59,54	-91,74	-93,93	-99,87	-100,9	-102,1	-102,5	-102,5	-103
4	-59,31	-59,64	-91,85	-94,08	-100,3	-101,2	-102,3	-102,5	-102,5	-103,1
5	-59,34	-59,77	-92,05	-94,49	-101,1	-101,4	-102,5	-102,5	-102,8	-103,3
6	-59,38	-59,92	-92,35	-94,95	-101,3	-101,8	-102,7	-103,4	-103	-103,6
7	-59,64	-60,05	-92,56	-95,03	-102,2	-102	-102,9	-103,5	-103,5	-103,9
8	-59,69	-60,1	-92,58	-95,38	-102,3	-102,4	-103,2	-103,6	-103,5	-104,2
9	-59,69	-60,11	-93,13	-95,42	-102,3	-102,5	-103,6	-104	-103,6	-104,4
10	-59,73	-60,16	-93,19	-95,45	-102,5	-102,7	-104	-104,1	-105	-104,5
11	-59,95	-60,29	-93,31	-95,54	-102,8	-103,1	-104,6	-104,7	-105,4	-104,7
12	-59,99	-60,33	-93,32	-95,83	-103	-103,7	-104,7	-105,1	-105,4	-105,1
13	-60	-60,39	-93,43	-95,93	-104,6	-104	-105,1	-105,1	-105,7	-105,2
14	-60,08	-60,44	-93,91	-96,35	-104,8	-104,7	-105,3	-105,2	-106,1	-105,2
15	-60,13	-60,59	-93,97	-96,8	-104,9	-104,9	-105,5	-105,3	-106,2	-105,3
16	-60,22	-60,66	-94,09	-97,36	-104,9	-104,9	-105,9	-105,9	-106,3	-105,7
17	-60,26	-60,69	-94,23	-97,88	-105,1	-105,6	-106,3	-106,5	-106,5	-106,8
18	-60,37	-60,75	-94,81	-98,12	-105,6	-106,1	-106,8	-107,3	-107,3	-107,6
19	-60,41	-60,81	-95,04	-98,67	-105,6	-106,7	-107,9	-107,7	-108	-108,1

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
20	-60,46	-60,82	-95,11	-98,7	-106	-107,4	-108,9	-108	-108,5	-108,2
21	-60,46	-60,89	-95,43	-99,69	-106,2	-108,4	-109,5	-109	-108,8	-108,3
22	-60,69	-60,9	-95,48	-99,87	-106,3	-108,8	-109,5	-109	-109,2	-108,6
23	-60,85	-60,92	-95,7	-100,1	-107,8	-109	-109,6	-109,2	-109,5	-110,1
24	-60,91	-61,01	-95,74	-100,2	-108,1	-109	-109,6	-109,3	-109,6	-110,2
25	-61,01	-61,15	-95,95	-100,8	-108,6	-109,4	-109,7	-110,2	-109,7	-110,2
26	-61,08	-61,19	-95,95	-100,9	-108,7	-109,5	-110,1	-110,7	-109,7	-110,4
27	-61,14	-61,2	-96,06	-101,4	-110,6	-109,8	-110,5	-110,9	-110,8	-110,8
28	-61,19	-61,36	-96,12	-103,4	-111,1	-110,3	-112,2	-112	-110,8	-111
29	-61,3	-61,45	-96,6	-106,8	-111,3	-110,9	-112,4	-112	-110,8	-111,6
30	-62,09	-61,91	-97,82	-107,4	-1080,3	-112,2	-112,6	-112,1	-111,6	-112

10. Data Motor gangguan Sinyal Arus Stator Pada Beban 50%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-59,49	-61,56	-89,06	-93,33	-91,49	-90,11	-99,78	-98,2	-100,1	-100,6
2	-59,59	-61,97	-91,53	-94,14	-93,53	-90,22	-99,78	-98,77	-100,1	-102,1
3	-59,59	-62,47	-92,24	-94,14	-94,29	-90,22	-101	-99,93	-100,3	-102,1
4	-59,97	-62,7	-92,24	-95,02	-94,5	-90,35	-101	-100,6	-100,3	-102,3

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
5	-59,97	-63,05	-92,85	-95,05	-95,74	-90,8	-101,8	-100,8	-100,7	-102,4
6	-59,97	-63,4	-93,61	-95,16	-95,88	-90,85	-101,8	-100,8	-101,4	-102,5
7	-60	-63,4	-94,3	-95,41	-96,45	-91,91	-102,2	-101,4	-101,8	-102,6
8	-60,12	-63,41	-94,57	-95,44	-96,64	-92,02	-102,3	-101,7	-102	-102,7
9	-60,12	-63,41	-94,71	-95,95	-96,66	-92,84	-102,3	-101,7	-102,1	-102,7
10	-60,25	-63,53	-94,8	-96,08	-96,72	-93,82	-102,7	-101,7	-102,2	-102,7
11	-60,45	-63,92	-94,9	-96,68	-96,86	-99,43	-102,7	-101,8	-102,3	-103,6
12	-60,5	-63,92	-95,41	-97,04	-97,1	-99,46	-102,8	-103	-102,8	-103,7
13	-60,56	-64,01	-95,82	-97,76	-97,52	-100	-102,8	-103,1	-103	-104
14	-60,6	-64,17	-95,82	-97,76	-98,76	-100	-103,5	-103,2	-103,5	-104,7
15	-60,64	-64,19	-96,2	-97,78	-98,9	-100,8	-103,8	-103,2	-104,5	-104,7
16	-60,7	-64,19	-96,58	-97,98	-99,36	-101,7	-104,2	-103,3	-104,8	-105,2
17	-60,85	-64,34	-96,58	-98,06	-99,38	-102,1	-105,7	-103,6	-105,6	-105,5
18	-60,86	-64,38	-96,59	-98,76	-99,38	-102,3	-105,7	-105,3	-105,6	-105,6
19	-60,96	-64,72	-96,59	-99,55	-100,3	-103,7	-106	-106,3	-106,1	-106,3
20	-61,12	-64,73	-97,08	-99,7	-101,1	-105,3	-106,9	-106,5	-106,4	-106,9
21	-61,22	-64,88	-97,6	-99,77	-101,2	-105,3	-107,2	-106,7	-107,2	-107
22	-61,26	-65,24	-97,71	-101,8	-101,2	-105,5	-107,5	-106,7	-107,4	-107,2
23	-61,61	-65,37	-98,38	-102,1	-102,5	-106,8	-108,3	-106,8	-108	-107,6
24	-61,62	-65,62	-98,8	-102,3	-104,3	-107,9	-108,4	-107,2	-108	-107,7

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
25	-61,72	-65,7	-99,14	-102,5	-104,9	-108,1	-108,6	-108,2	-109,1	-108
26	-61,89	-65,7	-99,25	-102,5	-104,9	-108,1	-108,8	-108,8	-109,3	-108,8
27	-61,91	-65,74	-99,31	-103,2	-105,3	-109,7	-108,8	-109,3	-109,7	-109,1
28	-61,96	-65,75	-100,1	-103,3	-105,9	-109,7	-109,6	-109,3	-109,7	-109,1
29	-62,34	-66,17	-100,4	-103,3	-106,9	-110,4	-110,3	-110,2	-109,7	-109,4
30	-81,26	-66,2	-102,1	-104,1	-106,9	-110,7	-112,4	-110,2	-110,8	-110,6

11. Data Motor gangguan Sinyal Arus Stator Pada Beban 75%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-62,79	-64,47	-89,86	-92,14	-92,79	-83,16	-99,05	-94,11	-99,73	-95,86
2	-62,85	-64,47	-91,05	-92,98	-93,01	-83,16	-99,1	-94,11	-99,73	-95,86
3	-62,85	-64,79	-91,38	-93,27	-93,88	-83,54	-99,1	-95,36	-100,2	-96,57
4	-63,02	-64,79	-91,38	-93,27	-94	-84,69	-100,2	-95,9	-100,6	-99,44
5	-63,02	-64,99	-91,42	-93,49	-94	-84,91	-100,7	-95,94	-100,9	-99,44
6	-63,17	-64,99	-91,79	-93,54	-95,27	-84,91	-100,8	-96,74	-101,3	-99,63
7	-63,36	-65	-91,9	-93,56	-95,27	-86,17	-101	-97,04	-101,3	-99,63
8	-63,38	-65,97	-91,98	-93,66	-96,17	-87,41	-101,1	-97,31	-101,4	-99,91
9	-63,52	-66,18	-92,61	-94,06	-97,26	-87,52	-101,3	-97,31	-102,5	-100,2

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
10	-63,62	-66,21	-92,61	-95,43	-97,27	-87,58	-101,4	-97,91	-102,6	-100,7
11	-63,66	-66,25	-92,7	-95,8	-97,57	-87,93	-101,4	-98,17	-102,6	-100,9
12	-63,67	-66,38	-93,13	-96,46	-97,67	-88,06	-102,3	-98,67	-103,1	-101
13	-63,89	-66,52	-94,01	-96,75	-97,72	-88,52	-103,1	-98,68	-103,5	-101,5
14	-63,94	-66,62	-94,68	-97,3	-97,99	-88,63	-103,2	-98,68	-103,5	-101,5
15	-63,94	-66,66	-94,97	-97,3	-98,52	-89,03	-103,3	-99,89	-103,7	-102,2
16	-63,98	-66,68	-95,03	-97,34	-98,91	-89,13	-103,7	-100	-103,8	-102,6
17	-63,98	-66,88	-95,05	-97,78	-100,1	-89,13	-103,8	-100,7	-104,6	-103,2
18	-64,14	-66,91	-95,4	-98,21	-100,5	-89,16	-103,8	-101,4	-104,8	-103,3
19	-64,33	-66,92	-96,72	-98,41	-100,9	-89,17	-104,3	-101,8	-105,4	-103,5
20	-64,37	-67,21	-97,16	-99,2	-101,4	-89,22	-105,5	-102,1	-105,5	-104,2
21	-64,42	-67,54	-97,16	-99,26	-101,6	-89,9	-106,5	-102,6	-107,1	-104,74
22	-64,51	-67,55	-97,18	-99,26	-101,6	-91,15	-107,3	-102,6	-107,1	-104,9
23	-64,51	-67,57	-97,28	-99,62	-101,6	-91,17	-108,1	-103,3	-107,5	-104,9
24	-64,54	-67,57	-97,45	-99,87	-102	-91,22	-108,9	-103,5	-108,1	-105,2
25	-64,69	-67,67	-97,58	-100	-102,5	-91,64	-108,9	-103,6	-108,6	-105,9
26	-64,75	-67,85	-97,58	-100,1	-102,8	-91,75	-109,3	-103,7	-108,8	-107,3
27	-64,87	-68,3	-97,87	-100,2	-102,8	-92,3	-110,6	-103,8	-108,8	-107,7
28	-65,75	-68,37	-98,29	-101	-103,4	-92,31	-110,6	-105	-109,2	-108,8
29	-66,65	-69,08	-98,69	-101,7	-104,2	-94,98	-111,4	-110,7	-111,9	-109,6

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
30	-67,13	-69,81	-99,41	-103,1	-105,1	-95,37	-111,8	-112	-110	-109,9

12. Data Motor gangguan Sinyal Arus Stator Pada Beban 100%

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
1	-62,15	-64,21	-83,94	-92,17	-91,91	-98,62	-99,64	103,1	-100,4	-100,4
2	-62,26	-64,28	-84,32	-94,61	-94,3	-99,3	-99,72	-99,95	-100,5	-101,1
3	-62,58	-64,61	-84,79	-94,67	-94,4	-99,46	-99,74	-100	-101	-101,2
4	-62,95	-64,85	-84,92	-94,68	-96,64	-99,88	-100,1	-100,6	-101,1	-101,5
5	-63,29	-65,32	-85,18	-94,74	-96,8	-100,1	-100,3	-100,9	-101,2	-101,7
6	-63,38	-66,16	-85,18	-95,5	-97,16	-100,4	-100,7	-101	-101,5	-101,9
7	-63,54	-66,41	-85,74	-95,77	-97,17	-101,1	-101,4	-101	-101,7	-102,9
8	-63,66	-66,42	-85,91	-95,83	-97,59	-101,6	-102,1	-103,2	-101,8	-103,2
9	-63,74	-66,59	-85,92	-95,91	-97,59	-102,8	-102,9	-103,4	-103,8	-104,4
10	-63,81	-67,37	-85,97	-97,88	-97,61	-102,9	-102,9	-103,7	-103,9	-104,6
11	-63,88	-67,45	-85,97	-98,01	-97,65	-103,4	-103,5	-103,8	-103,9	-104,6
12	-64,03	-67,63	-86,22	-98,22	-97,69	-104,3	-104,3	-104,3	-104,6	-104,7
13	-64,04	-67,78	-86,22	-99,96	-97,69	-104,6	-104,5	-104,8	-105,1	-105,9
14	-64,1	-67,81	-86,76	-100	-97,78	-104,8	-104,6	-105,2	-106,9	-106,1

Percobaan	Amplitudo Frekuensi (dB)									
	25Hz ± 2	75Hz ± 2	325Hz ± 2	375Hz ± 2	625Hz ± 2	675Hz ± 2	725Hz ± 2	775Hz ± 2	825Hz ± 2	875Hz ± 2
15	-64,12	-67,86	-86,81	-101,1	-97,8	-104,9	-105,1	-106,2	-106,9	-106,2
16	-64,28	-67,86	-86,87	-101,5	-98,09	-105,2	-105,1	-106,9	-107	-106,2
17	-64,37	-68,07	-87,01	-101,6	-98,16	-105,9	-105,4	-107,3	-107,2	-106,6
18	-64,42	-68,12	-87,02	-102,6	-98,5	-106,2	-105,4	-107,4	-107,3	-107,3
19	-64,57	-68,16	-87,29	-102,7	-98,57	-106,7	-105,8	-107,7	-107,4	-107,5
20	-64,9	-68,21	-87,66	-103,7	-98,71	-106,7	-105,9	-108	-107,8	-107,5
21	-65,03	-68,21	-88,13	-104,3	-98,72	-106,9	-106,4	-108	-107,8	-107,5
22	-65,04	-68,42	-88,56	-104,3	-99,22	-107,5	-106,8	-108	-107,8	-107,8
23	-65,32	-68,45	-88,84	-104,8	-99,22	-107,6	-106,8	-108,3	-107,8	-108,6
24	-65,78	-68,76	-90,55	-104,8	-101,9	-107,9	-107,9	-108,3	-107,9	-108,9
25	-65,78	-68,76	-90,63	-104,8	-102,7	-108,4	-108,1	-108,5	-108	-108,9
26	-65,99	-69,02	-90,73	-105,1	-102,9	-109,1	-108,3	-108,6	-108,1	-108,9
27	-66,25	-69,11	-91,66	-106,6	-104,7	-111,3	-108,6	-108,9	-108,1	-109,9
28	-66,25	-69,11	-93,79	-106,7	-104,9	-111,6	-110,3	-110,2	-108,4	-110,4
29	-66,78	-69,16	-96,96	-106,8	-105,1	-111,6	-110,9	-112	-109,5	-110,4
30	-68,49	-69,68	-101,3	-108,3	-105,3	-111,6	-111,3	-113,1	-111,3	-111,2



Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP



FIDYA EKA PRAHESTI, lahir pada tanggal 23 Juni 1994 di Kecamatan Gresik provinsi Jawa Timur, anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan bapak Moelyono dengan ibu Siti Mariyamah.

Penulis mulai memasuki jenjang pendidikan formal di TK Petro Kimia Gresik pada tahun 1999 dan tamat tahun 2000. Melanjutkan pendidikan dasar di SD Muhammadiyah 2 Gresik pada tahun 2000 dan tamat pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pada tahun 2006 di SMP Muhammadiyah 12 GKB Gresik dan tamat pada tahun 2009 di SMP Muhammadiyah 12 GKB Gresik. Setelah tamat pendidikan menengah pertama, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Manyar dan tamat pada tahun 2012. Pada tahun 2012 penulis kemudian terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Elektro dengan Program Studi Diploma Tiga di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Kemudian melanjutkan ke jenjang Program Studi Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan fakultas dan jurusan yang sama, lulus tahun 2017. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga dan lulus tahun 2020. Penulis dapat dihubungi melalui email *feprahesti@gmail.com*.

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR INDEX

A

AC, xviii, xx, 1, 5, 15, 16, 18, 19

akuisisi, xvi, 15, 16, 23, 24, 27, 35, 41

alat, 10, 16, 22, 23, 32

algoritma, 3

amplitudo, 31

arc flash, 2

arus, vii, xiv, xvi, xviii, xx, xxi, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23,
24, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 44, 45, 47

axial, 19, 49

B

Bearing, 1

belitan, vii, xiv, xvi, xviii, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31,
32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 47

bocor, 6

breakdown, 5

D

daya, xxi, 5, 18, 19, 20, 32

desibel, xxi, 29

deteksi, vii, xiv, xvi, xviii, 5, 16, 18, 21, 26, 27, 29, 31, 34, 35, 39, 40, 41, 44, 45,
47

DFT, 11

DIAdem, 3, 5, 16, 24, 29

E

ekperimen, vii, 3, 5, 18, 47

elektrik, 16

F

fasa, xvi, xx, 1, 4, 5, 7, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 27, 32, 35, 38, 47

FFT, vii, ix, xiii, xvi, xx, 3, 5, 11, 12, 16, 28, 29, 33, 35, 47

fluks, vii, xiv, xvi, xvii, xviii, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 19, 21, 23, 24, 27, 28, 31, 36, 37,
39, 40, 41, 42, 44, 45, 47

frekuensi, xvi, xx, xxi, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 15, 16, 22, 23, 28, 29, 31, 33, 34, 35,
36, 37, 38, 43, 44

G

Gangguan, vii, xi, xiii, xiv, 1, 4, 5, 7, 27, 35, 41, 49

generator, 16, 18, 19, 21, 31

H

harmonisa, 9, 10, 33, 34, 35

hubung singkat, vii, xiv, xvi, xvii, xviii, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 21, 24, 25, 26,
27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44,
45, 47

I

induksi, 5

instrumentasi, 29

internal, 1

invasif, 10

isolasi, xxi, 2, 7, 8, 16

K

kecepatan, 17

komponen, 10

komputasi, 11

konduktor, 7

Konfigurasi, xiii, xvi, 16, 17

konstanta, 9

kumparan, 1, 7, 10, 22

kutub, 25

L

LabVIEW, 3, 5, 16, 23, 24, 27, 28, 29

lagging, 6

lampu, xvi, 16, 18, 19, 21, 31, 32

lilitan, xx, 11, 22, 25, 26, 34

M

magnetik, xx, 9, 10, 11, 12

magnetometer, 10

Matlab, xvi, 3, 5, 16, 24, 29, 35

MCSA, xx, 2, 5, 8, 9, 10

medan magnet, xx, 1, 2, 5, 6, 10, 11, 22

mikrokontroler, 2, 22

Motor, xi, xiii, xiv, xvi, xviii, xx, 1, 2, 5, 7, 8, 17, 18, 21, 24, 25, 26, 32, 33, 41,
49, 51, 53, 55, 57, 59, 60, 62, 65, 67, 68, 70, 72

motor gangguan, xvi, 3, 37, 38, 39, 42, 43

motor normal, vii, xiv, xvi, xvii, xviii, 3, 21, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39,
41, 42, 43

N

nominal, 5

P

pararel, 7

Periode, 12

periodik, 11

probe, xvi, 21, 22

R

Rotor, 1, 6

S

sensor, vii, ix, 2, 3, 4, 5, 10, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 47, 49

simetri, 2, 11

sinyal, vii, xiv, xvi, xviii, 3, 5, 8, 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 33, 36, 37, 39,
40, 41, 42, 44, 45, 47

slot, vii, 24, 25

spektrum, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 16, 29, 31, 34, 35

Stator, vii, xiv, 1, 24, 31, 32, 33, 34, 35, 41, 49, 62, 65, 67, 68, 70, 72

fluks bocor, 2, 3, 5, 9, 10, 12, 15, 16, 19, 21, 23, 29, 47, 50

T

tegangan, xvi, xxi, 1, 2, 5, 6, 12, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 27, 28, 29, 33

threshold, xiv, xvi, 36, 37, 38, 39, 41, 42

torsi, 12, 18

Transformasi, 11, 12