

**RANCANG BANGUN INSTRUMEN POWER QUALITY
ANALYZER TIGA FASA MENGGUNAKAN LOW COST USB
DAQ BERBASIS PC**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

LATIF NUR FAUZI

NIM. I0715018

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020**

HALAMAN SURAT PENUGASAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan. Ir. Sutami nomor 36 A Kentingan Surakarta 57126
Telepon. 0271 647069 psw 438, faksimili 0271 662118

SURAT TUGAS

Nomor : 041/TA/TE/2019

Kepala Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret memberikan tugas kepada :

Nama	: Latif Nur Fauzi
NIM	: 10715018
Bidang peminatan	: Sistem Energi Listrik
Pembimbing Utama	: Muhammad Hamka Ibrahim, S.T., M.T. NIP. 1988122920161001
Pembimbing Pendamping	: Prof. Muhammad Nizam, S.T., M.T., Ph.D. NIP. 197007201999031001
Mata kuliah pendukung	: 1. Elektronika Daya 2. Analisis Sistem Tenaga 3. Instrumentasi

untuk mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

Analisis Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa Menggunakan USB DAQ Berbasis PC

Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Surakarta, 29 May 2019
Kepala Program Studi

Irwan Ifitadi, S.T., M.Eng
NIP. 197004041996031002

Tembusan:

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA
3. Koordinator TA
4. Arsip

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS KARYA ILMIAH**

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Latif Nur Fauzi
NIM : I0715018
Judul tugas akhir : Rancang Bangun Instrumen Power Quality Analyzer Tiga Fasa Menggunakan Low Cost USB DAQ Berbasis PC

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti tugas akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka tugas akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, July 2020

Latif Nur Fauzi
NIM. I0715018

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN INSTRUMEN POWER QUALITY
ANALYZER TIGA FASA MENGGUNAKAN LOW COST USB
DAQ BERBASIS PC

Disusun oleh

LATIF NUR FAUZI

NIM. I0715018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Muhammad Hamka Ibrahim S.T., M.Eng.
NIP. 1988122920161001

Prof. Muhammad Nizam S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197007201999031001

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada Juli 2020

1. **Muhammad Hamka Ibrahim S.T., M.Eng.**
NIP. 1988122920161001
2. **Prof. Muhammad Nizam S.T., M.T., Ph.D**
NIP. 197007201999031001
3. **Dr.Ir. Augustinus Sujono M.T..**
NIP. 1951100120161001
4. **Joko Slamet Saputro, S.Pd., M.T.**
NIP. 198904242019031013

Kepala Prodi Teknik Elektro

Mengetahui,
Koordinator Tugas Akhir

Feri Adrivanto, Ph.D.
NIP. 196801161999031001

Muhammad Hamka Ibrahim S.T., M.Eng.
NIP. 1988122920161001

RANCANG BANGUN INSTRUMEN POWER QUALITY ANALYZER TIGA FASA MENGGUNAKAN LOW COST USB DAQ BERBASIS PC

Latif Nur Fauzi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Email : latifnurfauzi@student.uns.ac.id

Abstrak

Pada sektor industri di Indonesia, penggunaan daya listrik pada tahun 2012 mencapai 60,175.96 MWh dengan total pengguna 52,661.00 pelanggan, ditahun 2017 penggunaan daya nya mencapai 71,743.13 MWh dengan total pengguna 76,816.00 pelanggan, data ini menunjukkan pertumbuhan penggunaan daya di indonesia yang mencapai 19,22% dan penambahan pelanggan 45,86% dalam kurun waktu 5 tahun. Seiring dengan itu juga penggunaan elektronika daya dan beban induktif pada pasokan listrik meningkat, dan itu menyebabkan persyaratan untuk memantau kualitas sistem daya menjadi praktik yang semakin umum. Pemantauan kualitas daya listrik ini diperlukan untuk pemantauan efek negatif yang disebabkan dari beban terhadap keseimbangan Beban. Penggunaan USB DAQ Berbasis PC memudahkan untuk hal penampilan data berupa angka dan grafik, serta memudahkan dalam pemilihan variabel parameter yang akan dipantau. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pemantauan kualitas daya pada beban listrik tiga fasa berupa motor listrik tiga fasa dengan parameter seperti frekuensi, tegangan, arus, *total harmonic distortion* dan daya. Pada penelitian kali ini didapatkan data nilai *total harmonic distortion* pada frekuensi 50Hz sebesar 18,33% untuk tegangan dan 14,47% untuk arus pada fase R, 18,10% untuk tegangan dan 12,64 % untuk arus pada fase S dan 18,55% untuk tegangan dan 18,52% untuk arus pada fase T dengan daya aktif 84,12 Watt, daya reaktif 67,73VAR, daya semu 109,25 VA dan power faktor 0,77. Sedangkan pada frekuensi 35Hz didapatkan *total harmonic distortion* sebesar 42,88% untuk tegangan dan 43,49% untuk arus pada fase R, 48,64% untuk tegangan dan 58,64% untuk arus pada fase S, serta 59,01% pada tegangan dan 38,18% untuk arus pada fase T dengan daya aktif 89,65 Watt, daya reaktif 77,19VAR, daya semu 124,51 VA dan power faktor 0,72. Dengan persentase error sebesar 2,58% untuk *total harmonic distortion* tegangan, dan 1,03% untuk arus membuktikan alat ini cukup valid. Ketidakseimbangan juga terantau pada hasil diagram fasor

Kata kunci : Ketidakseimbangan, *total harmonic distortion*

DESIGN AND DEVELOPMENT OF THREE PHASE POWER QUALITY ANALYZER INSTRUMENTS USING PC-BASED LOW COST USB DAQ

Latif Nur Fauzi¹⁾

¹⁾Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Universitas Sebelas Maret

Email : latifnurfauzi@student.uns.ac.id

Abstract

In the industrial sector in Indonesia, electricity usage in 2012 reached 60,175.96 MWh with a total of 52,661.00 customers, in 2017 its power usage reached 71,743.13 MWh with a total user of 76,816.00 customers, this data shows the growth of power usage in Indonesia reach 19.22% and 45.86% growth of total customers within 5 years. Along with that the use of power electronics and inductive loads on the electricity supply increases, and that has made the requirements to monitor the quality of the power system to be important. Monitoring the quality of electrical power is needed to monitor the negative effects caused by the load on the load balance. The use of PC-based DAQ USB makes it easy to display data in the form of numbers and graphics, and makes it easier to choose the parameter variables to be monitored. This research was conducted to monitor the power quality of three-phase electric loads in the form of three-phase electric motors with parameters such as frequency, voltage, current, total harmonic distortion and power. In this research, the total value of harmonic distortion at a frequency of 50Hz was 18.33% for the voltage and 14.47% for the current in the R phase, 18.10% for the voltage and 12.64% for the currents in the S and 18 phases. 55% for voltage and 18.52% for current in phase T with 84.12 Watt active power, 67.73VAR reactive power, 109.25 VA apparent power and 0.77 power factor. Whereas at a frequency of 35Hz, a total harmonic distortion was obtained of 42.88% for the voltage and 43.49% for the current in the R phase, 48.64% for the voltage and 58.64% for the current in the S phase, and 59.01% for the voltage. and 38.18% for the current in the T phase with 89.65 Watt active power, 77.19VAR reactive power, 124.51 VA apparent power and 0.72 power factor. With an error percentage of 2.58% for the total harmonic distortion of the voltage, and 1.03% for the current, it proves that this tool is quite valid. Imbalances are also observed in the results of the phasor diagram

Key words: unbalance, total harmonic distortion..

KATA PENGANTAR

Tugas akhir ini bukanlah sekedar syarat untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik, namun melalui tugas akhir ini penulis banyak belajar. Semakin banyak kesalahan yang dibuat, semakin keras usaha untuk memperbaikinya, maka akan semakin banyak ilmu yang bisa didapatkan. Dalam menghadapi sebuah kegagalan, haruslah dihadapi dengan lapang dada, karena dibalik sebuah kegagalan itu ada sebuah pembelajaran. Konsisten merupakan satu-satunya jalan dalam mencapai keberhasilan. Berprasangka baik adalah langkah awal dalam mencapai konsistensi itu.

Menyelesaikan tugas akhir ini tidaklah mudah, ada banyak pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Melalui kata pengantar ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Muhammad Hamka Ibrahim S.T.,M.Eng. selaku Pembimbing I dan juga koordinator tugas akhir yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
2. Bapak Prof. Ir. Muhammad Nizam, ST, MT, Ph.D. selaku Pembimbing II dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
3. Bapak Feri Adriyanto, Ph.D. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Jaka Sulistya Budi, S.T. selaku koordinator tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, motivasi, dan inspirasi yang luar biasa selama menjalani masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun ini.
6. Jusuf Abimas yang telah memberikan pengetahuan mengenai penggunaan trainer motor tiga fasa
7. Segenap keluarga yang telah memberikan doa, dukungan dan kasih sayang kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret Surakarta dan teman-teman lainnya yang telah memberikan bantuan dan forum diskusi.

Melalui tugas akhir ini penulis berharap dapat memberi manfaat, wawasan, dan inspirasi bagi siapa saja yang membacanya. Namun, penulis juga menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan di dalam skripsi ini, sehingga penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar karya tulis berikutnya dapat lebih baik lagi. Penulis juga memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menghasilkan laporan yang bermanfaat bagi banyak pihak.

Surakarta, 23 Juli 2020

Latif Nur Fauzi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT PENUGASAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
Abstrak.....	v
Abstract.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Perangkat Sistem Analisis Kualitas Daya Listrik.....	6
2.2.1 USB DAQ 1608 G	6
2.2.2 Sensor Tegangan	7
2.2.3 Sensor Arus	8
2.2.4 Interface Menggunakan LabView	9
2.3 Beban Sistem Analisis Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa	10
2.4 Parameter Analisis Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa.....	11
2.4.1 Gelombang Sinusoidal.....	12
2.4.2 Frekuensi.....	13
2.4.3 Daya dan Faktor Daya	14
2.4.4 Total Harmonic Distortion	14
2.4.5 Ketidakseimbangan Pada Motor Induksi	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Perancangan Alat	21
3.2.1 Perancangan Sensor	22
3.2.2 Perancangan Rangkaian Alat	24
3.2.3 Perancangan Mekanisme Sistem	26
3.3 Perancangan Perangkat Lunak	27
3.3.1 Interface Panel Vrms, Irms dan Frekuensi.....	27
3.3.2 Interface Panel Magnitude dan THD.....	29
3.3.3 Interface Panel Daya dan Faktor Daya	30

3.3.3	Interface Panel Ketidakseimbangan Fasa	30
3.4	Pengambilan Data.....	31
3.5	Analisa dan Penutup	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Nilai Frekuensi	33
4.1.1	Pengambilan Data Nilai Frekuensi.....	33
4.1.2	Pengujian Data Nilai Frekuensi Dengan Power Analyzer AEMC 3945	35
4.2	Nilai Vrms dan Irms	37
4.2.1	Pengambilan Data Vrms dan Irms.....	37
4.2.2	Pengujian Data Vrms dan Irms Dengan Power Analyzer AEMC 3945	38
4.3	Bentuk Gelombang dan Nilai THD Tegangan dan Arus	39
4.3.1	Perbandingan Gelombang Tegangan.....	39
4.3.2	Perbandingan Gelombang Arus.....	44
4.3.3	Pengujian Data THD Dengan Power Analyzer AEMC 3945	47
4.4	Daya Aktif, Reaktif, Semu dan Faktor Daya	50
4.5	Diagram Fasor Ketidakseimbangan Fasa.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56
Lampiran 1. LabView Loop RMS dan Frekuensi		57
Lampiran 2. LabView Loop Harmonic V dan I		58
Lampiran 3. LabView Loop Ketidakseimbangan Fasa.....		59
Lampiran 4. LabView Loop Daya Dan Faktor Daya.....		59
Lampiran 5. Hasil Pengambilan Data		60
Lampiran 6. Hasil Run Power Analyzer AEMC 3945		61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Akurasi dan tingkat error USB DAQ 1608G.....	7
Tabel 2.2 Spesifikasi ZMPT101B	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 IEEE 519-2014 Voltage distortion limit.....	15
Tabel 2.4 IEEE 519 – 2014 <i>Current distortion limit</i> distribusi basement.....	16
Tabel 3.1 Kalibrasi ZMPT101B.....	22
Tabel 3.2 Kalibrasi ACS712.....	23
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Alat Pada Variasi Frekuensi.....	34
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Frekuensi Menggunakan Alat dan AEMC 3945.....	35
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Vrms pada frekuensi 50 dan 35 Hz.....	37
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Irms pada frekuensi 50 dan 35 Hz.....	37
Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Vrms Menggunakan Alat dan AEMC 3945.....	38
Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Irms Menggunakan Alat dan AEMC 3945.....	39
Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran THDV.....	44
Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran THDI.....	46
Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran THD Tegangan Menggunakan Alat dan AEMC 3945.....	47
Tabel 4.10 Parameter THDV.....	48
Tabel 4.11 Data Hasil Pengukuran THD Arus Menggunakan Alat dan AEMC 3945.....	49
Tabel 4.12 Parameter THDI.....	50
Tabel 4.13 Daya dan Faktor Daya	51
Tabel 4.14 Perbandingan Sudut.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 USB DAQ 1608G	6
Gambar 2.2 Pin USB DAQ 1608G.....	7
Gambar 2.3 ZMPT101B.....	7
Gambar 2.4 Rangkain sensor arus ACS 712.....	8
Gambar 2.5 <i>Interface</i> menggunakan LabVIEW.....	9
Gambar 2.6 Motor listrik AC tiga fasa.....	10
Gambar 2.7 Inverter ATV12HU15M2.....	11
Gambar 2.8 Bentuk gelombang sinusoidal.....	12
Gambar 2.9 Gelombang sinusoidal beban linier.....	14
Gambar 2.10 Gelombang sinusoidal beban non linier.....	15
Gambar 2.11 Komponen Simetris Sistem 3 Fasa Yang Tidak Seimbang.....	17
Gambar 3.1.a Diagram Alir.....	18
Gambar 3.1.b Diagram Alir(Lanjutan).....	19
Gambar 3.2 Rangkaian Sistem.....	20
Gambar 3.3 Rangkaian ZMPT101B.....	21
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Arus ACS-712.....	22
Gambar 3.5 Rangkain ZMPT101B dengan USB DAQ.....	23
Gambar 3.6 Rangkaian ACS-712 dengan USB DAQ.....	24
Gambar 3.7 Alat Rangkaian Sensor dan USB DAQ 1608G.....	24
Gambar 3.8 Rangkaian Mekanisme Sistem.....	25
Gambar 3.9 Panel Vrms, Irms, dan Frekuensi.....	26
Gambar 3.10 Halaman Frekuensi.....	28
Gambar 3.11 Halaman Vrms.....	28
Gambar 3.12 Halaman Irms.....	29
Gambar 3.13 Halaman Voltage Waveform dan THD.....	29
Gambar 3.14 Halaman Current Waveform dan THD.....	30
Gambar 3.15 Halaman Daya dan Faktor Daya.....	30
Gambar 3.16 Halaman Ketidakseimbangan fasa.....	30
Gambar 3.17 Power Analyzer AEMC Model 3945.....	31
Gambar 4.1.a Grafik Frekuensi 50 Hz.....	33
Gambar 4.1.b Grafik Frekuensi 35 Hz.....	34
Gambar 4.2.a Gelombang Tegangan dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbaasis USB DAQ dengan Frekuensi 50Hz.....	40
Gambar 4.2.b Gelombang Tegangan dari AEMC dengan frekuensi 50Hz.....	40
Gambar 4.3.a Gelombang Tegangan dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 35Hz.....	41
Gambar 4.3.b Gelombang Tegangan dari AEMC dengan frekuensi 35Hz.....	41
Gambar 4.4.a Spektrum Tegangan Pada Frekuensi 50Hz.....	42

Gambar 4.4.b Spektrum Tegangan Pada Frekuensi 35Hz.....	42
Gambar 4.5.a Gelombang Arus dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 50Hz.....	44
Gambar 4.5.b Gelombang Arus dari AEMC dengan frekuensi 50Hz.....	45
Gambar 4.6.a Gelombang Arus dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 35Hz.....	45
Gambar 4.6.b Gelombang Arus dari AEMC dengan frekuensi 35Hz.....	46
Gambar 4.7.a Diagram Fasor Alat Analisis pada Frekuensi 50Hz.....	51
Gambar 4.7.b Diagram Fasor Alat Analisis pada Frekuensi 35Hz.....	51
Gambar 4.8.a Diagram Fasor Power Analyzer AEMC pada Frekuensi 50Hz.....	52
Gambar 4.8.b. Diagram Fasor Power Analyzer AEMC pada Frekuensi 35Hz.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber tenaga yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia pada saat ini. Hampir semua peralatan dengan teknologi yang semakin berkembang membutuhkan energi listrik, sehingga energi listrik menjadi kebutuhan primer atau pokok. Pada sektor industri di Indonesia, penggunaan daya listrik pada tahun 2012 mencapai 60,175.96 MWh dengan total pengguna 52,661.00 pelanggan, ditahun 2017 penggunaan daya nya mencapai 71,743.13 MWh dengan total pengguna 76,816.00 pelanggan, data ini menunjukkan pertumbuhan penggunaan daya di indonesia yang mencapai 19,22% dan penambahan pelanggan 45,86% dalam kurun waktu 5 tahun [1]. Seiring dengan itu juga penggunaan elektronika daya dan beban induktif pada pasokan listrik meningkat, dan itu menyebabkan persyaratan untuk memantau kualitas sistem daya menjadi praktik yang semakin umum. Pemantauan kualitas daya listrik ini diperlukan untuk pemantauan efek negatif yang disebabkan dari beban terhadap keseimbangan dan frekuensi yang tercermin pada efisiensi. Efisiensi yang rendah dapat mengakibatkan biaya operasional menjadi membengkak. Hal ini juga yang dapat meningkatkan permintaan teknik analisis dalam industri untuk memantau hal tersebut.

Untuk dapat melakukan analisis pada penggunaan elektronika daya dan beban induktif, diperlukan pengukuran pada kualitas daya yang terhubung pada beban tersebut. Kualitas daya listrik menjadi sangat penting untuk diperhatikan, ketika semakin sensitifnya suatu peralatan baik di industri maupun di rumah tangga, kualitas daya listrik menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan kerusakan-kerusakan peralatan sensitif tersebut. Beban-beban non-linier juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Beban tersebut merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-linier adalah beban dimana bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dalam setiap setengah siklus, sehingga gelombang keluaran arus dan tegangannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beberapa beban non linier adalah inti magnet

pada trafo dan mesin berputar, mesin-mesin sinkron, pengelasan, photovoltaic inverter, dan peralatan elektronik kantor [2]. Kualitas daya listrik pada industri sangat penting, karena sangat mempengaruhi proses dan hasil akhir produksi.

Untuk melakukan pemantauan kualitas daya listrik pada mesin linier dilakukan penelitian dengan menggunakan *power quality measurement* yang terhubung dengan personal komputer (PC). Penelitian menggunakan *PC-based system* dengan tujuan untuk mendapatkan pengukuran yang cukup akurat dengan biaya yang kecil serta memiliki banyak keuntungan pada penggunaannya seperti penyesuaian dan fleksibilitas dari parameter yang digunakan untuk mengukur jika dibandingkan dengan *power quality measurement* konvensional

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat alat pengukuran kualitas daya listrik tiga fasa dengan PC?
2. Bagaimana cara membuat sistem untuk menampilkan pengukuran dalam angka dan grafik?
3. Bagaimana cara mengetahui total harmonik distortion dan ketidakseimbangan fasa pada beban listrik tiga fasa?

Sistem analisis kualitas daya listrik tiga fasa pembahasannya cukup luas, maka perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Mengukur parameter kualitas daya listrik seperti frekuensi, tegangan, arus, *unbalance*, daya, faktor daya dan *total harmonic distortion*.
2. Alat yang digunakan adalah USB DAQ 1608 G dengan software LabView
3. Beban yang diukur merupakan Trainer motor listrik tiga fasa.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat dan merancang sebuah perangkat monitoring listrik tiga fasa yang berbasis PC.
2. Memberi informasi listrik dasar seperti tegangan dan arus berupa gelombang sinusoidal.
3. Mengetahui nilai frekuensi, tegangan, arus, *unbalance*, daya, faktor daya dan *total harmonic distortion* pada beban listrik tiga fasa

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat – manfaat yang diharapkan dapat tercapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Berdasarkan rumusan masalah dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat sistem yang dapat memonitoring frekuensi, tegangan, arus, *unbalance*, daya, faktor daya dan *total harmonic distortion* pada beban listrik tiga fasa.
2. Memanipulasi data menggunakan perangkat lunak yaitu labview untuk menampilkan nilai dan grafik.
3. Fleksibilitas alat yang dapat diubah parameter yang hendak diukur.

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri lima bab. Pada bab I terdapat Latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Pada bab II yaitu tinjauan pustaka, akan dijelaskan teori dan komponen yang digunakan pada bangunan gedung.

Pada bab III yaitu metodologi penelitian akan dibahas mengenai tahapan-tahapan dan prosedur penelitian yang dilakukan. Prosedur penelitian digambarkan dengan diagram alir.

Bab IV akan disajikan hasil simulasi dan pembahasan. Pada bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan sistem kelistrikan dan simulasi perencanaan Gedung Diklat PT Jasa Raharja serta rekomendasi menggunakan *software* DIALux.

Dari seluruh penelitian yang telah dilakukan akan dirangkum dalam kesimpulan pada bab V. Saran untuk penelitian selanjutnya juga akan diberikan pada bab ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dibahas kajian pustaka yang diawali dengan referensi penelitian, konsep-konsep yang digunakan dalam kajian teorinya tentang beberapa pengertian. Adapun dalam bab ini dasar-dasar teori yang akan dibahas adalah beberapa parameter listrik tiga fasa, komponen sistem pengukuran dan trainer motor tiga fasa sebagai beban yang digunakan.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian Dalam penulisan skripsi ini peneliti mencoba untuk mencari informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang terangkum dalam bentuk jurnal-jurnal penelitian yang digunakan sebagai perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada pada penelitian tersebut. Selain itu peneliti juga menggali informasi dari buku-buku maupun data dalam rangka untuk mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul yang akan digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

Penelitian pertama yaitu Makalah dari Nicholas Horne yang berjudul “ A PC-Based Three-Phase System Analyzer” [3] . Pada makalah tersebut melakukan pengukuran menggunakan data acquisition dan menampilkan data berupa gelombang sinusoidal dari tegangan dan arus yang ditampilkan pada LabView. Makalah ini berfokus pada total daya dan power faktor dari peralatan listrik tiga fasa dan tidak menunjukkan harmonic serta ketidak seimbangan fasa.

Pada penelitian kedua yaitujurnal dari Angga Hidson yang berjudul “Monitoring Ketidakseimbangan Beban Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontoller Dan SMS”[4]. Jurnal ini berfokus pada pembuatan alat monitoring yang dapat diakses secara realtime dengan menggunakan modul GSM. Akan tetapi sinyal keluaran pada mikrokontroller hanya berupa angka dari sensor yang digunakan tanpa bisa menunjukkan gelombang sinusoidal.

2.2 Perangkat Sistem Analisis Kualitas Daya Listrik

Berikut ini akan diuraikan jenis komponen yang akan digunakan untuk membuat sistem analisis kualitas daya listrik tiga fasa.

2.2.1 USB DAQ 1608 G

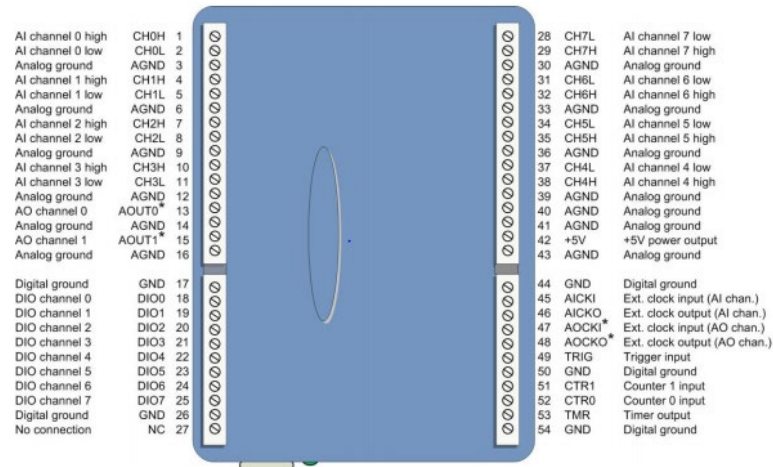
USB DAQ (Data Acquisition) adalah alat yang digunakan untuk mengambil data tegangan dan arus dari listrik tiga fasa serta tersambung dengan PC lewat USB. USB DAQ berperan sebagai osiloskop, sehingga dapat membaca arus dan tegangan berdasarkan kurva tegangan dan arus (*lagging* dan *leading*).

Alat analisis daya biasanya merupakan peralatan mandiri yang mengukur komponen dasar dari sistem kelistrikan dan memberikan angka berbasis kualitas seperti daya, energi, dan faktor daya; parameter ini dapat membantu mendiagnosis persediaan yang berkualitas buruk dan muatan bermasalah karena fenomena seperti ketidakseimbangan atau gangguan [5]. Perangkat ini bertujuan untuk sedikit mengganggu pasokan dan pengoperasian beban yang terhubung, dan karenanya menggunakan teknik pengukuran berbasis sensor dengan catu daya khusus. Peran PC adalah untuk memungkinkan data analisa untuk digunakan sebagai aplikasi, yaitu digunakan bersama dengan program lain dan dibiarkan memantau atau mencatat data yang diinginkan. USB DAQ yang digunakan kali ini adalah Usb DAQ 1608 G.



Gambar 2.1 USB DAQ 1608G

USB DAQ 1608G memiliki tujuh channel tegangan dengan kisaran tegangan ± 10 V, ± 5 V, ± 2 V, atau ± 1 V [7].



Gambar 2.2 Pin USB DAQ 1608G

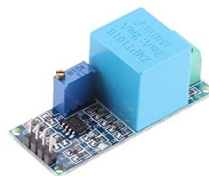
USB DAQ memiliki akurasi dengan tingkat error sebagai berikut:

Tabel 2.1 Akurasi dan tingkat error USB DAQ 1608G

Tegangan	Gain Error (%of reading)	Offset Error (μ V)
± 10 V	0.024	915
± 5 V	0.024	686
± 2 V	0.024	336
± 1 V	0.024	245

2.2.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah ZMPT101B yang dapat digunakan untuk menurunkan tegangan dari 220V ke 5V



Gambar 2.3 ZMPT101B

Adapun spesifikasinya terdapat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi ZMPT101B

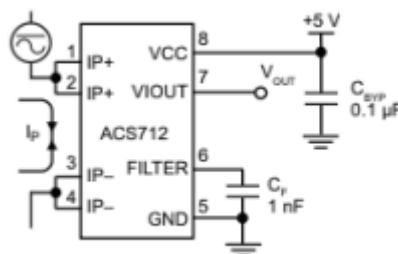
Parameter	Nilai	Satuan
Rated input current	2	mA
Rated output current	2	mA
Turns ratio	1000:1000	-
Isolation voltage	4000	V
Operating temperature	-40 ~ +70	°C

2.2.3 Sensor Arus

Sensor ACS712 adalah sensor arus dengan memanfaatkan Hall effect. Cara kerja sensor ACS712 yaitu dengan membaca arus yang mengalir pada kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh Hall Effect IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Istilah Hall Effect dikenal setelah Edwin H. Hall seorang fisikawan Amerika menemukan bahwa jika ada arus listrik mengalir melalui penghantar yang ditempatkan pada garis lintang medan magnet yang kuat, maka akan menghasilkan beda potensial yang melewati penghantar pada kedua sudut penghantar itu [8].

Sensor ini untuk mengumpulkan informasi dari arus listrik yang mengalir dalam jaringan tenaga listrik, dan mikrokontroler untuk memonitor nilai yang dikumpulkan oleh sensor untuk membuat keputusan yang diperlukan sesuai pada sistem yang digunakan.



Gambar 2.4 Rangkain sensor arus ACS 712

Adapun Spesifikasi dari sensor yang digunakan adalah:

a. Berbasis ACS712 dengan fitur:

Rise time output = 5 μ s.

Bandwidth sampai dengan 80 kHz.

Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .

Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin 1-4 dan pin 5-8.

Sensitivitas output 185 mV/A.

Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.

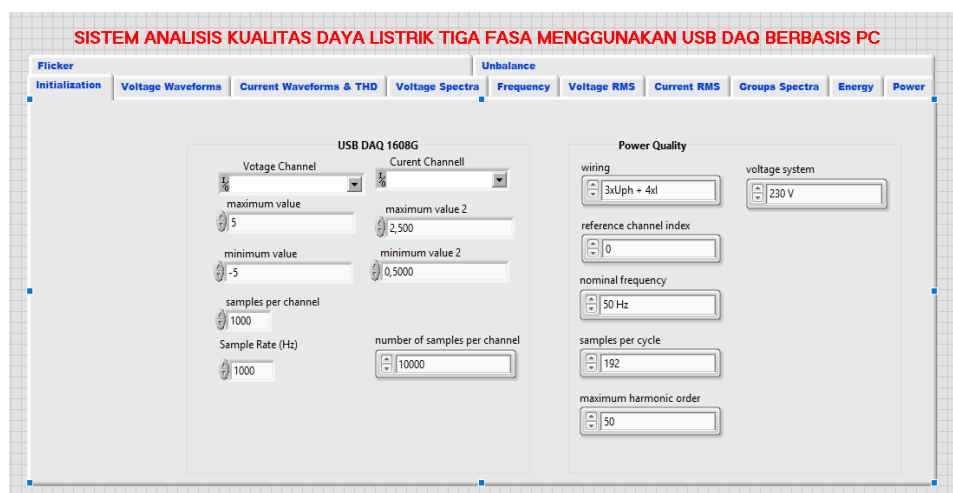
Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.

b. Tegangan kerja 5 VDC.

c. Dilengkapi dengan OpAmp untuk menambah sensitivitas output (untuk tipe With OpAmp)[9].

2.2.4 Interface Menggunakan LabVIEW

Untuk membuat interface menggunakan aplikasi pemrograman grafis National Instrument Labview versi 2015 dimana program dibuat dalam bentuk diagram rangkaian (dalam menu *block diagram*) dan data ditampilkan dalam menu *front panel*. Dengan LabVIEW, pengguna dapat merancang instrumen virtual kustom dengan menciptakan antarmuka pengguna grafis pada layar komputer yang mana dapat mengoperasikan program instrumentasi, mengendalikan hardware, menganalisis data dan menampilkan hasil [10].



Gambar 2.5 Interface menggunakan LabVIEW

Pengguna dapat membuat panel depan dengan knob, button, dials, dan grafik untuk meniru panel kontrol instrumen tradisional, membuat panel pengujian kustom, atau secara visual mewakili kontrol dan operasi dari proses. Dengan program grafis, pengguna dapat mengembangkan sistem lebih cepat dibandingkan dengan bahasa pemrograman konvensional, sementara tetap mempertahankan kemampuan dan fleksibilitas yang diperlukan untuk menciptakan berbagai aplikasi

2.3 Beban Sistem Analisis Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa

Beban yang digunakan adalah trainer motor listrik AC tiga fasa. Motor listrik AC tiga fasa bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa pada sumber untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya sehingga rotor dapat berputar sendiri tanpa bantuan gaya dari luar. Perbedaan fasa pada motor 3 fasa didapat langsung dari sumber. Dalam dunia industri terdapat dua tipe dasar motor 3 fasa jika dilihat dari lilitan pada rotornya, yakni rotor belitan/wound rotor dan rotor sangkar tupai/squirrel-cage rotor. Wound rotor adalah tipe motor induksi yang lilitan rotor dan statornya terbuat dari bahan yang sama. Motor dengan jenis rotor belitan biasanya diperlukan pada saat pengasutan atau pengaturan kecepatan dimana dikehendaki torsi tinggi. Squirrel-cage rotor terbuat dari satu set tembaga atau potongan aluminium yang dipasang ke dalam slot dan terhubung ke sebuah akhir-cincin pada setiap akhir rotor. Konstruksi gulungan rotor ini menyerupai 'kandang tupai'. Rotor jenis ini sangat sering digunakan karena mudah dibuat dan sering ditemui pada peralatan industri[11].



Gambar 2.6 Motor listrik AC tiga fasa

Spesifikasi motor listrik AC tiga fasa diatas adalah sebagai berikut:

Output : 0.75 kw

Speed : 2825 r.p.m

Voltage : 380 V

Efficiency : 70 %

Current : 1.8A

Power : 1 HP

Untuk merubah frekuensi yang digunakan maka digunakan inverter ATV12HU15M2.



Gambar 2.7 Inverter ATV12HU15M2

Pada praktikum ini menggunakan inverter ATV12HU15M2 buatan Schneider Electric dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tegangan input : 200...240 V

Frekuensi : 50/60 Hz (+/-5%)

Tegangan output : 200...240 V

Konektor : 1 RJ45 for Modbus

Motor power kW : 1.5 kW

Interfece : 2-wire RS485

Motor power hp : 2 hp

Komunikasi : modbus

2.4 Parameter Analisis Kualitas Daya Listrik Tiga Fasa

Berikut ini akan diuraikan parameter – parameter yang digunakan dalam penelitian untuk analisis kualitas daya listrik tiga fasa.

2.4.1 Gelombang Sinusoidal

Tegangan yang disalurkan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) pada umumnya berbentuk gelombang sinusoidal, yang akan berubah pada perioda yang tetap, umumnya berbentuk gelombang fungsi sinus maupun kosinus.

Sebuah tegangan sinusoidal berbentuk sinus memiliki persamaan sebagai berikut:

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t + q) \quad (2.1)$$

Dimana :

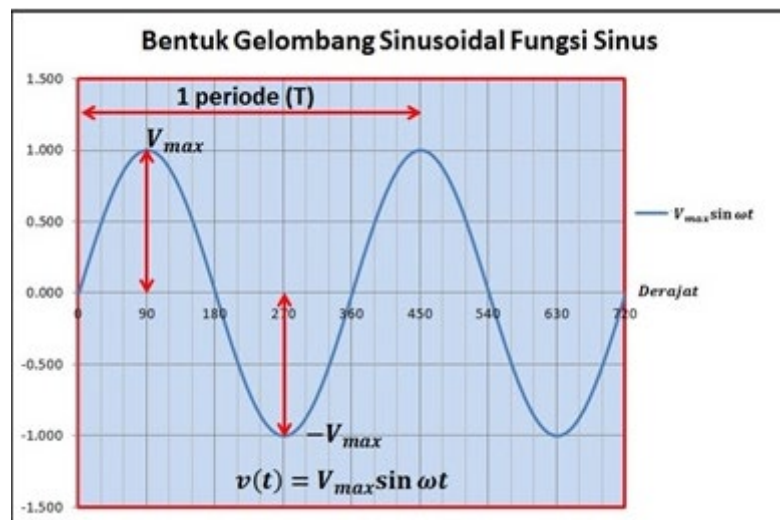
V_{max} = amplitud maksimum dari tegangan

ω = kecepatan sudut (rad/s)

ωt = argumen dari gelombang sinusoidal

q = sudut fasa.

Gambar dari grafik bentuk gelombang sinusoidal sebagai berikut :



Gambar 2.8 Bentuk gelombang sinusoidal[12]

Pada gambar gelombang sinusoidal diatas, sumbu X merupakan variabel derajat atau waktu, sedangkan sumbu Y merupakan amplitud.

a. Tegangan Maksimum (V_{max})

Tegangan masimum adalah amplitud tertinggi dari suatu gelombang, dalam satu siklus terdapat 2 amplitud yaitu V_{max} dan $-V_{max}$. V_{max} merupakan tegangan puncak ketika tegangan gelombang sinusoidal pada posisi positif, sedangkan $-V_{max}$ merupakan tegangan puncak ketika

gelombang sinusoidal pada posisi negatif. Tegangan maksimum atau tegangan puncak berpengaruh dalam menentukan tegangan efektif.

b. Tegangan Efektif (V_{rms})

Tegangan efektif adalah tegangan yang terukur pada alat ukur, persamaan yang menghubungkan tegangan maksimum (V_{max}) dan tegangan efektif (V_{rms}) adalah sebagai berikut:

$$V_{max} = \sqrt{2} V_{rms} \quad (2.2)$$

2.4.2 Frekuensi

Frekuensi adalah banyaknya gelombang penuh dalam 1 detik, semakin banyak gelombang penuh dalam 1 detik maka frekuensinya makin tinggi. Pada penelitian yang bervariasi jika frekuensi lebih besar dari frekuensi pengenalan biasanya meningkatkan Faktor Daya namun mengurangi besarnya nilai lock-rotor dan torsi maksimal. Pada kondisi ini juga mengakibatkan peningkatan kecepatan motor sehingga menimbulkan rugi gesekan. Sebaliknya, penurunan frekuensi biasanya akan menurunkan faktor daya dan kecepatan motor dan juga meningkatkan nilai lock-rotor dan torsi maksimum [13].

$$n = \frac{120.F}{P} \quad (2.3)$$

Dimana :

n = Kecepatan putar motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutup Motor

Sedangkan kecepatan motor akan berpengaruh pada tegangan, seperti pada persamaan,

$$n = \frac{(V - I_a.R_a)}{K.\phi} \quad (2.4)$$

Dimana :

n = Kecepatan putar motor

V = Tegangan Terminal (V)

I_a = Arus armatur (A)

R_a = Hambatan Jangkar (ohm)

K = Konstanta motor

φ = Flux Magnet

Pada penelitian kali ini dilakukan pengukuran pada frekuensi 35 Hz dan 50 Hz.

2.4.3 Daya dan Power Faktor

Dalam ilmu kelistrikan Arus Bolak-Balik (Listrik AC), dikenal suatu istilah Power Factor atau Faktor Daya. Power Factor adalah perbandingan dari Real Power (Daya Aktif) dengan Apparent Power (Daya Tampak).

Daya Tampak adalah daya yang dikeluarkan oleh generator, biasanya dalam satuan VA, sementara Daya Aktif adalah daya yang benar-benar dimanfaatkan oleh komponen-komponen di dalam beban (biasanya disebut dalam satuan Watt).

Jika Daya Tampak lebih besar daripada Daya Aktif, maka jelas ada daya output generator yang tidak terpakai oleh beban di dalam jaringan. Dalam kasus ini, generator bekerja lebih keras dari yang seharusnya untuk menghidupi jaringan.

Rumus daya adalah sebagai berikut

$$\text{Daya Aktif (P)} = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \quad (2.5)$$

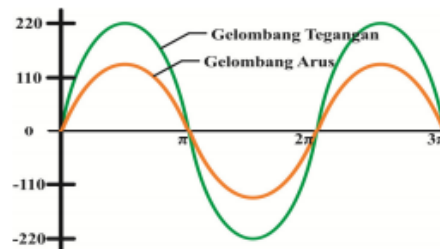
$$\text{Daya Semu (S)} = V \times I \times \sqrt{3} \quad (2.6)$$

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = V \times I \times \sin \varphi \times \sqrt{3} \quad (2.7)$$

2.4.4 Total Harmonic Distortion

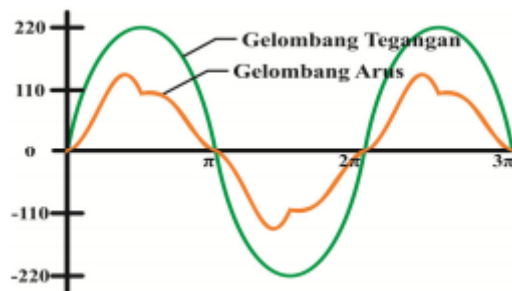
Pada dasarnya gelombang tegangan dan arus yang ditransmisikan dan di distribusikan dari sumber ke beban berupa gelombang sinusoidal murni, akan tetapi proses transmisi dan distribusinya ini terjadi bermacam gangguan sehingga gelombang sinusoidal tak lagi murni yang biasa disebut distorsi harmonik. Sumber harmonik pada umumnya terdiri dari 2 jenis peralatan yaitu peralatan yang memiliki kondisi saturasi (*saturate device*) dan peralatan elektronika daya (*power electronic equipment*). Peralatan yang memiliki kondisi saturasi biasanya memiliki komponen yang bersifat magnetik seperti transformator, mesin – mesin listrik, tanur busur listrik, peralatan yang menggunakan *power supply*, dan magnetik ballast. Peralatan elektronika daya biasanya menggunakan komponen – komponen elektronika daya seperti *thristor* , dioda, dan lain – lain [14].

Ada dua jenis beban yaitu beban linier dan non linier. Beban linier merupakan beban yang memiliki gelombang berbentuk linier dengan bentuk gelombang arus akan mengikuti bentuk gelombang tegangan seperti gambar dibawah ini,



Gambar 2.9 Gelombang sinusoidal beban linier

Sedangkan beban non linier merupakan beban yang gelombang arusnya tidak proporsional terhadap gelombang tegangan sehingga bentuk gelombang nya tidak sama atau terdistorsi. Hal ini ditimbulkna oleh perangkat elektronika yang menggunakan *thyristor* , dioda, dan lain – lain.



Gambar 2.10 Gelombang sinusoidal beban non linier

Total dari distorsi tersebut biasa disebut dengan Total harmonik distosi (THD) merupakan rasio antara nilai RMS dari nilai fundamental dan biasanya dinyatakan dalam (%) [15]. Indeks ini digunakan untuk menyatakan deviasi dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa terhadap gelombang sinusoidal murni. Persamaan dari THD tegangan dan arus adalah sebagai berikut

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan :

THD = Total Harmonic Distortion

M_h = Nilai rms arus atau tegangan harmonik ke-h

$M1$ = Nilai rms arus atau tegangan pada frekuensi dasar

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonik yaitu batasan untuk harmonisa arus dan batasan harmonisa tegangan (berdasarkan IEEE 519-2014)

Tabel 2.3 IEEE 519-2014 *Voltage distortion limit*

<i>Bus Voltage at PCC</i>	IHDv (%)	THDv(%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5

Tabel 2.4 IEEE 519 – 2014 *Current distortion limit*

I_{SC}/I_L	THD (%)
< 20	5,0
20 - 50	8,0
50 - 100	12,0
100 - 1000	15,0
> 1000	20,0

2.4.5 Ketidakseimbangan Pada Motor Induksi

Kinerja motor dipengaruhi oleh kualitas daya yang masuk, yang ditentukan oleh tegangan dan frekuensi aktual dibandingkan dengan nilai dasar. Fluktuasi dalam tegangan dan frekuensi yang lebih besar daripada nilai yang diterima memiliki dampak yang merugikan pada kinerja motor,

Ketidakseimbangan tegangan bahkan dapat lebih merugikan terhadap kinerja motor dan terjadi apabila tegangan tiga fase dari motor tiga fase tidak sama. Hal ini biasanya disebabkan oleh :

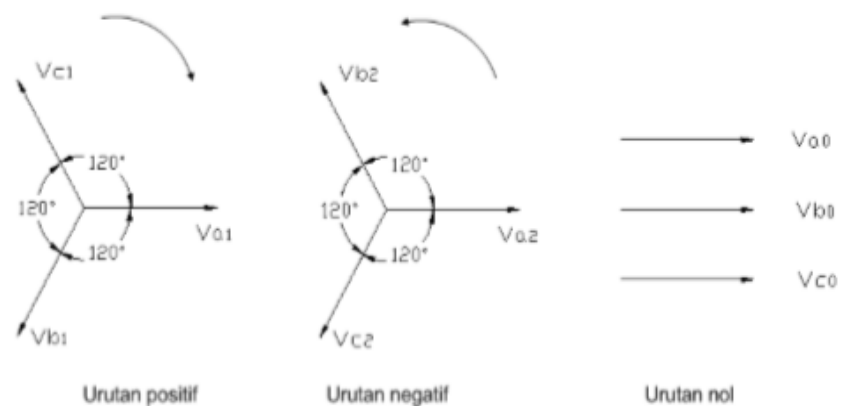
- Perbedaan pasokan tegangan untuk tiap fase pada tiga fase

- Karakteristik beban
- Kegagalan isolasi
- Sistem penguatan yang tidak stabil

Tegangan masing – masing fase pada sistim tiga fase besarnya harus sama, simetris dan dipisahkan oleh sudut 120. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kesetimbangan tegangan : beban fase tunggal pada setiap satu fase, ukuran kabel yang berbeda, atau kegagalan pada sirkuit. Ketidakseimbangan sistim meningkatkan kehilangan pada sistim distribusi dan menurunkan efisiensi motor. Jika tegangan tidak seimbang diberikan kepada motor induksi, maka kemampuan motor akan berubah. Pendekatan langsung yang sering digunakan adlah membagi tegangan tidak seimbang menjadi dua komponen simetris, yaitu komponen urutan positif (positif sequence) dan komponen urutan negatif (negatif sequence)

Sistem tiga fasa yang tidak seimbang diuraikan menjadi 3 buah komponen simetris yaitu:

1. Komponen urutan positif (Positive Sequence) yang fasornya sama besar dan mempunyai beda fasa 120, serta urutan fasa nya sama dengan fasa aslinya
2. Komponen urutan negatif (Negative Sequence) yang sama seperti urutan positif, hanya urutan fasenya berlawanan
3. Komonen urutan nol (Zero Sequence) yang fasornya sama besar dengan pergeseran fasa nol antara fasor yang satu dengan yang lain[16].



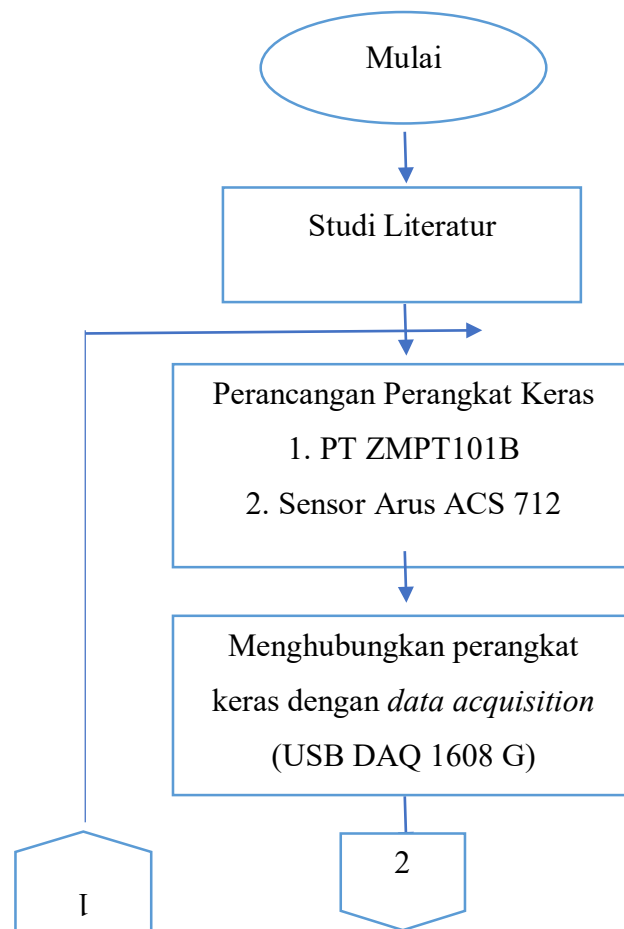
Gambar 2.11 Komponen Simetris Sistem 3 Fasa Yang Tidak Seimbang

BAB III

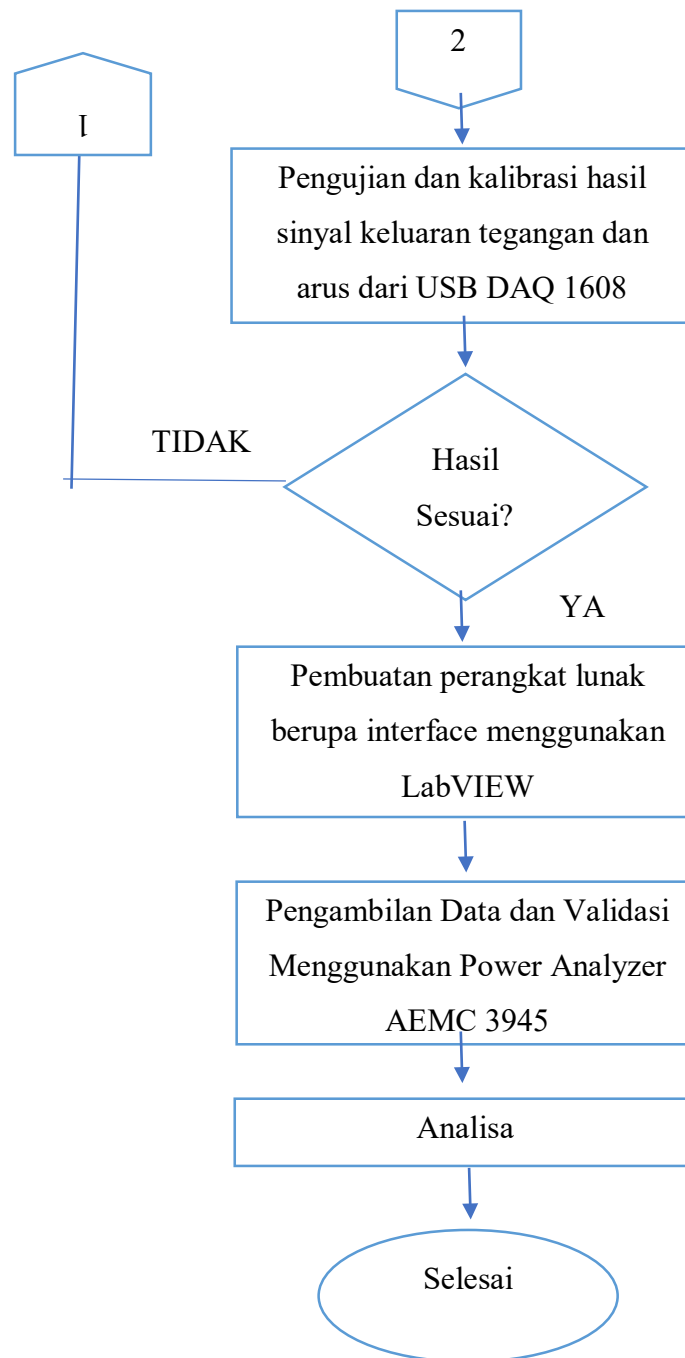
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan yang dimulai dengan studi literatur dari berbagai masalah yang ada dan cara untuk menyelesaikannya dan melakukan penentuan spesifikasi dari perancangan alat berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya. Kemudian melakukan perancangan alat keras. Kemudian melakukan simulasi untuk memastikan apa yang telah dirancang telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Jika sudah sesuai lalu melakukan pembuatan alat dan melakukan pengujian awal dengan menggunakan sistem listrik 1 fasa. Jika sudah berhasil baru diterapkan pada listrik tiga fasa.

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1a Diagram Alir



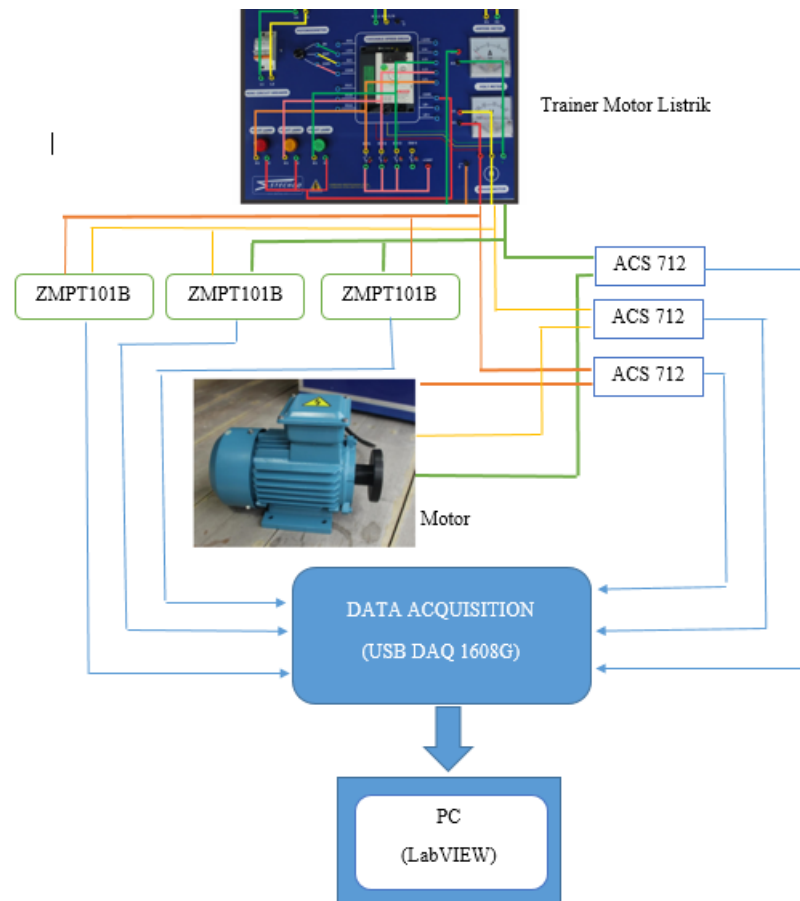
Gambar 3.1b Diagram Alir (lanjutan)

Diagram alir dimulai dengan studi literatur, kemudian melakukan perancangan perangkat keras berupa potensial transformator yaitu zmpt101b dan sensor arus ACS 712, pada perancangan perangkat untuk pengukuran tegangan menggunakan zmpt101b di rangkai secara paralel sedangkan untuk pengukuran

arus dilakukan perangkaian secara seri. Setelah perangkat keras jadi kemudian dilanjutkan dengan menyambungkan keluaran ke data acquisition yaitu USB

3.2 Perancangan Alat

Perancangan sistem analisis kualitas daya listrik 3 fasa diawali dengan perancangan rangkaian alat. Mulai dari penentuan jenis sensor, data acquisition, beban yang akan diukur serta parameter yang hendak ditampilkan.



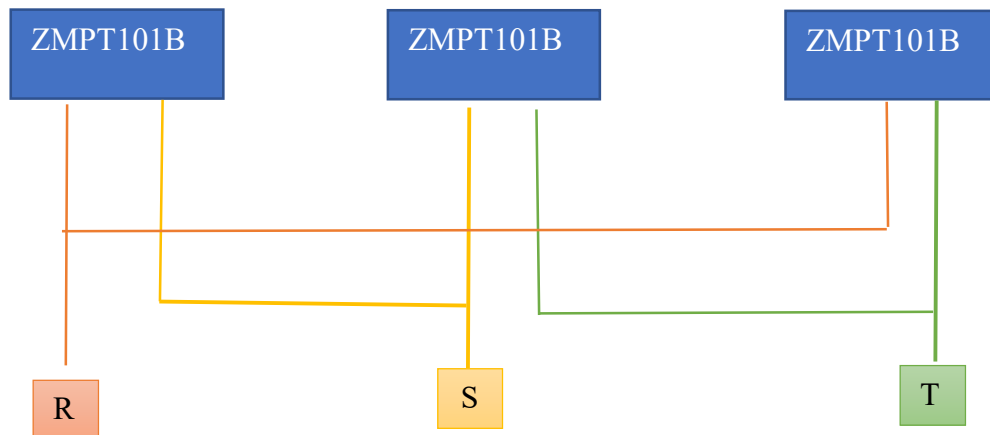
Gambar 3.2 Rangkaian Sistem

Pada penelitian ini ACS 712 digunakan sebagai sensor arus dan ZMPT101B digunakan sebagai sensor tegangan. Lalu pembacaan sensor akan diproses oleh data acquisition USB DAQ 1608 G yang kemudian ditampilkan melalui aplikasi LABView.

3.2.1 Perancangan Sensor

1. Potensial Transformer ZMPT 101B

Untuk menurunkan tegangan dari motor listrik 3 fasa (220V) agar bisa diukur menggunakan USB DAQ 1608 (5V) maka digunakan 3 Potensial Transformer ZMPT101B yang dihubungkan secara paralel sebagai berikut :



Gambar 3.3 Rangkaian ZMPT101B

Karena ZMPT101B menurunkan tegangan dari 220V menjadi 5 V, maka perlu dilakukan kalibrasi ulang untuk mendapatkan nilai V sebenarnya pada motor. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai ukur dari ZMPT101B dengan multimeter, beban yang digunakan merupakan motor induksi tiga fasa dengan spesifikasi $V = 380 \text{ V}$ yang dihubungkan dengan inverter dengan tegangan input 200...240 V dan di set pada frekuensi 50Hz.

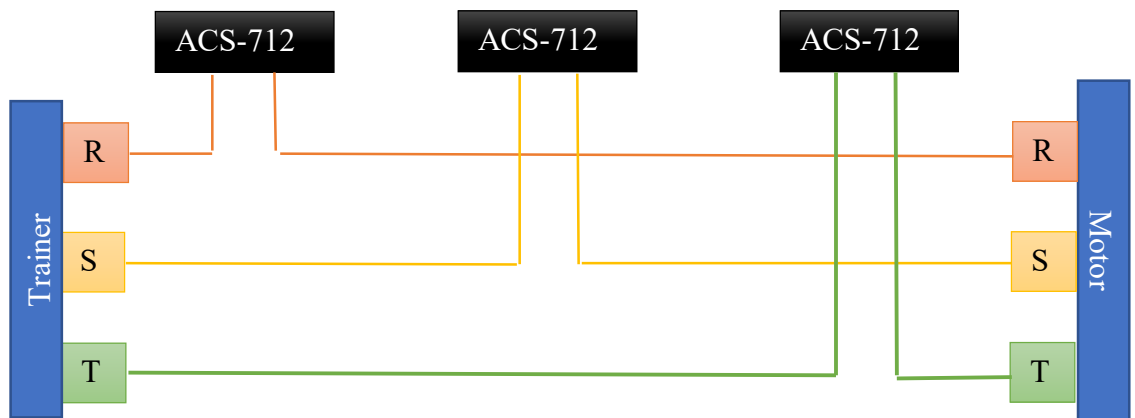
Tabel 3.1 Kalibrasi ZMPT101B

Kalibrasi	Pengukuran					
	$V_R (1)$	$V_R (2)$	$V_S (1)$	$V_S (2)$	$V_T (1)$	$V_T (2)$
Multimeter (V)	140,71	140,22	139,53	140,21	141,13	139
ZMPT101B (V)	0,28	0,29	0,28	0,27	0,29	0,27
Faktor pengali	502,55	483,44	498,21	519,25	486,55	514,81

Setelah dilakukan pengukuran, maka ditentukan faktor pengali dari rata – rata faktor pengali dari pengukuran seperti pada tabel diatas dan didapatkan faktor pengali nya = 500,80

2. Sensor Arus ACS 712

Pemasangan sensor arus ACS712 dilakukan secara seri melalui kabel/kawat yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber ke beban, masukan sensor ini menggunakan tiga masukan dari motor listrik yaitu R, S, dan T.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Arus ACS-712

Seperti halnya ZMPT101B, sensor arus ACS 712 juga dilakukan kalibrasi dengan menggunakan faktor pengali yang didapat dari perbandingan nilai ACS 712 dan multimeter.

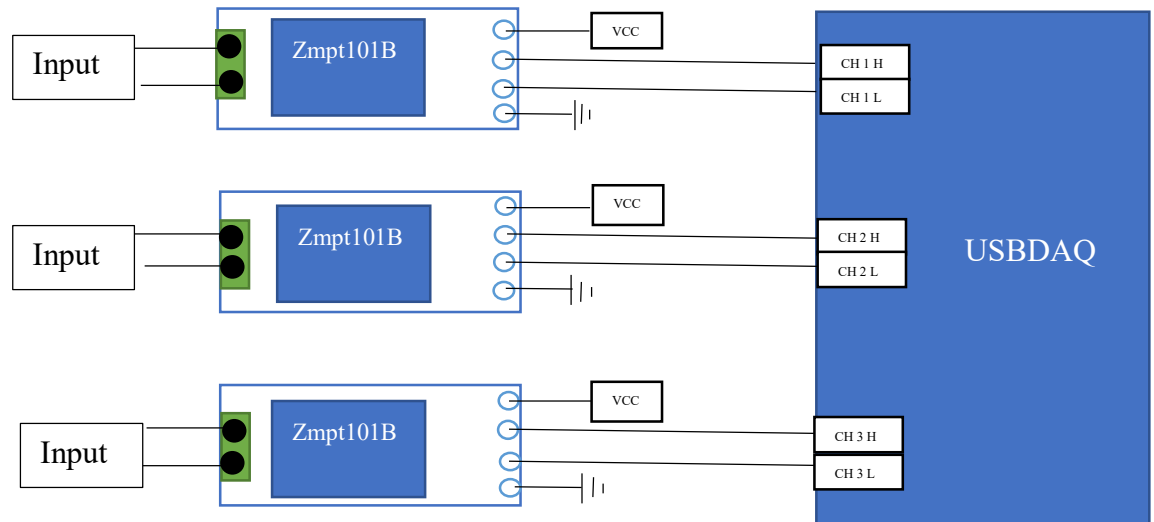
Tabel 3.2 Kalibrasi ACS712

Kalibrasi	Pengukuran					
	$I_R(1)$	$I_R(2)$	$I_S(1)$	$I_S(2)$	$I_T(1)$	$I_T(2)$
Multimeter (A)	0,41	0,42	0,41	0,42	0,41	0,40
ACS-712 (A)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Faktor pengali	5,85	6,00	5,85	6	5,85	5,71

Setelah dilakukan pengukuran, maka ditentukan faktor pengali dari rata – rata faktor pengali dari pengukuran seperti pada tabel diatas dan didapatkan faktor pengali nya = 5,85

3.2.2 Perancangan Rangkaian Alat

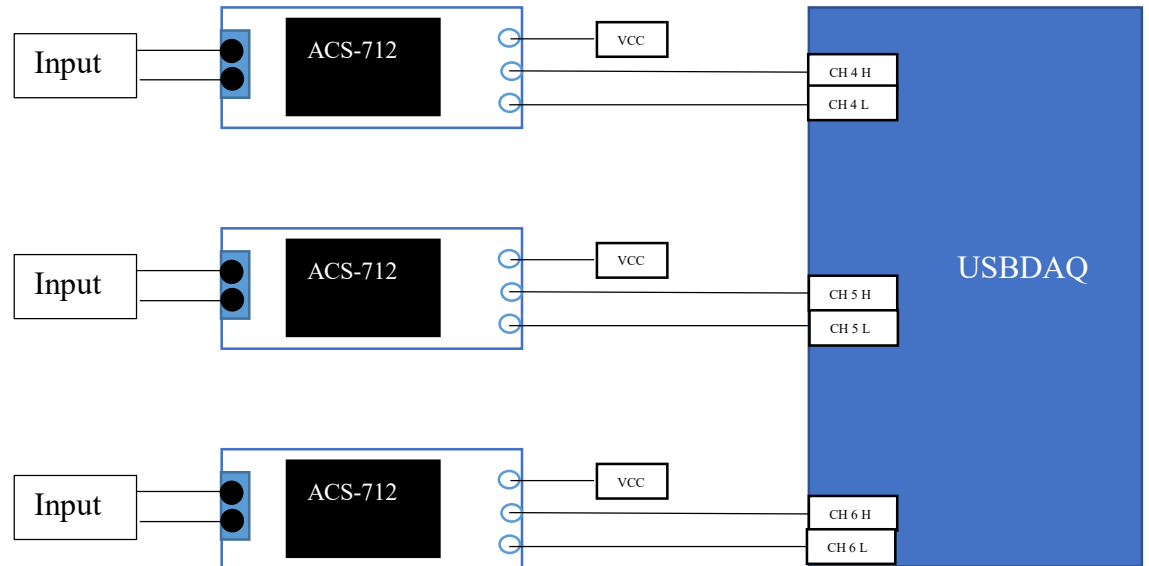
Perancangan rangkaian alat akan menghubungkan rangkaian sensor dengan USB DAQ 1608 G. Pada sensor tegangan ZMPT101B rangkaian nya sebagai berikut:



Gambar 3.5 Rangkain ZMPT101B dengan USB DAQ

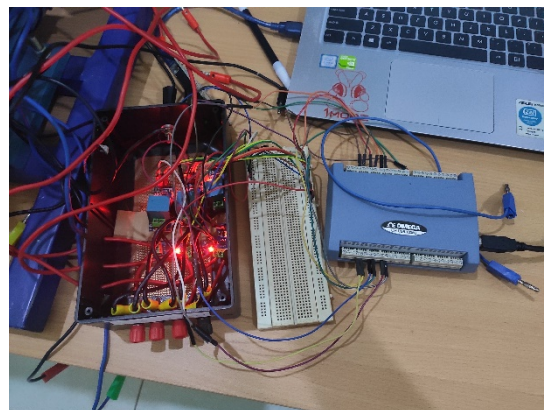
Seperti pada gambar 3.5, input dari ZMPT101B yang merupakan tegangan R,S dan T dari motor tiga fasa diturunkan menjadi $< 5\text{ V}$ agar dapat terbaca oleh USB DAQ 1608G. Setiap sensor ZMPT101B menggunakan tegangan vcc sebesar 5 v, tegangan output dari ZMPT101B dihubungkan dengan *channel high* dari USB DAQ 1608 G, dan ground dari ZMPT101B dihubungkan dengan *channel low* dari USB DAQ 1608 G. Untuk penelitian ini, *channel* yang digunakan untuk tegangan adalah *channel* 1, 2 dan 3

Sama halnya dengan sensor ZMPT101B, sensor ACS 712 juga dihubungkan dengan tiga *channel* dari USB DAQ 1608 G seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.6 Rangkaian ACS-712 dengan USB DAQ

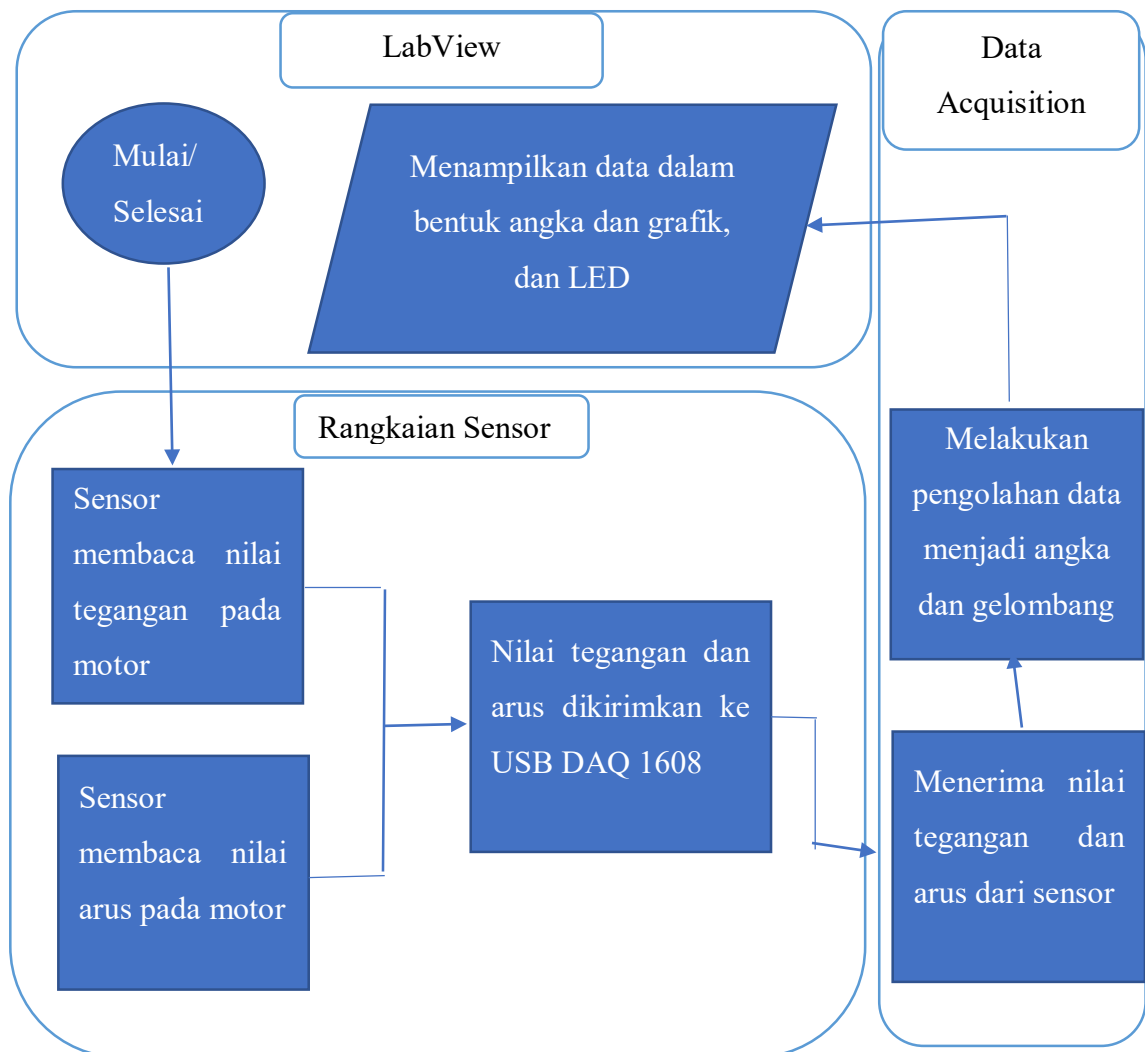
Seperti pada gambar 3.6, input dari sensor ACS 712 merupakan arus R, S dan T yang akan diukur pada motor tiga fasa. Setiap sensor ACS 712 menggunakan tegangan VCC 5v dan dihubungkan pada *channel* 4, 5 dan 6 pada USB DAQ 1608G. Berikut merupakan gambar alat yang telah dibuat,



Gambar 3.7 Alat Rangkaian Sensor dan USB DAQ 1608G

3.2.3 Perancangan Mekanisme Sistem

Setelah melakukan perancangan alat, maka selanjutnya dilakukan perancangan mekanisme sistem yang melibatkan seluruh komponen. Pada alat ini ada pemantauan 4 grafik yaitu grafik gelombang V, I, frekuensi dan ketidak seimbangan, serta melakukan pengukuran 4 data yaitu V_{rms} , I_{rms} , THDV dan THDI. Data ini diambil dengan melakukan perintah pada LabView maka sensor arus ACS 712 dan sensor tegangan ZMPT 101B akan mengambil data berupa tegangan dan arus dari motor 3 fase yang dijalankan



Gambar 3.8 Rangkaian Mekanisme Sistem

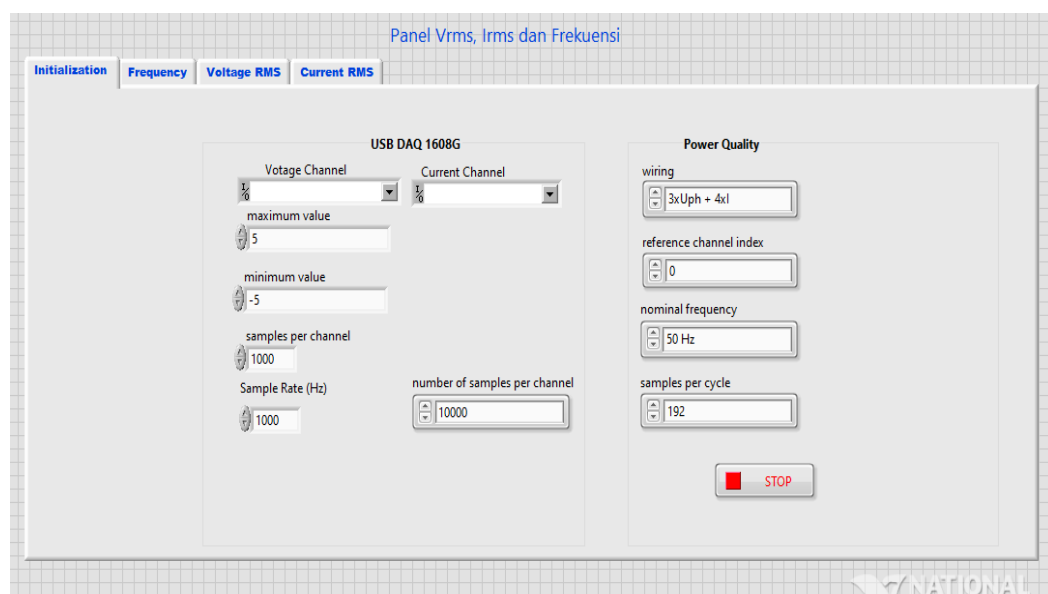
Data yang dibaca oleh sensor tegangan dan arus selanjutnya akan diolah data nya pada *data acquisition* yaitu USB DAQ 1608G, data yang telah diolah pada *data acquisition* kemudian ditampilkan pada interface LabView berupa angka dan juga grafik. Pada labview juga ditambahkan LED untuk memberi tahu jika nilai THD melebihi batas standar.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah LabView, untuk memudahkan pengambilan data dilakukan pembuatan beberapa interface panel pada lab view yaitu panel Vrms, Irms dan frekuensi, panel Magnitude dan THD serta panel ketidakseimbangan fasa.

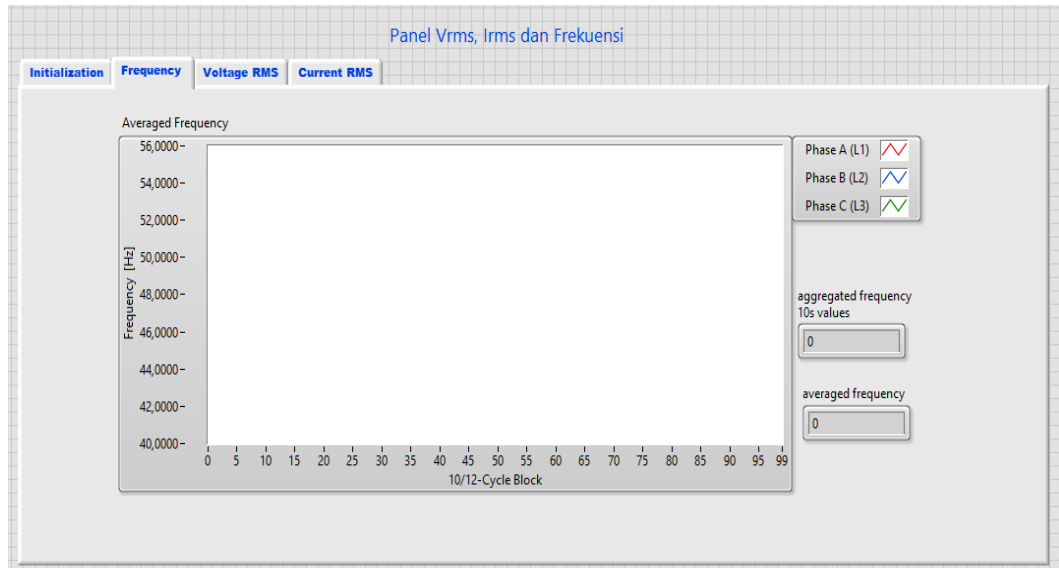
3.3.1 Interface Panel Vrms, Irms dan Frekuensi

Seperti nama nya, panel ini digunakan untuk menampilkan data Vrms, Irms dan juga frekuensi.



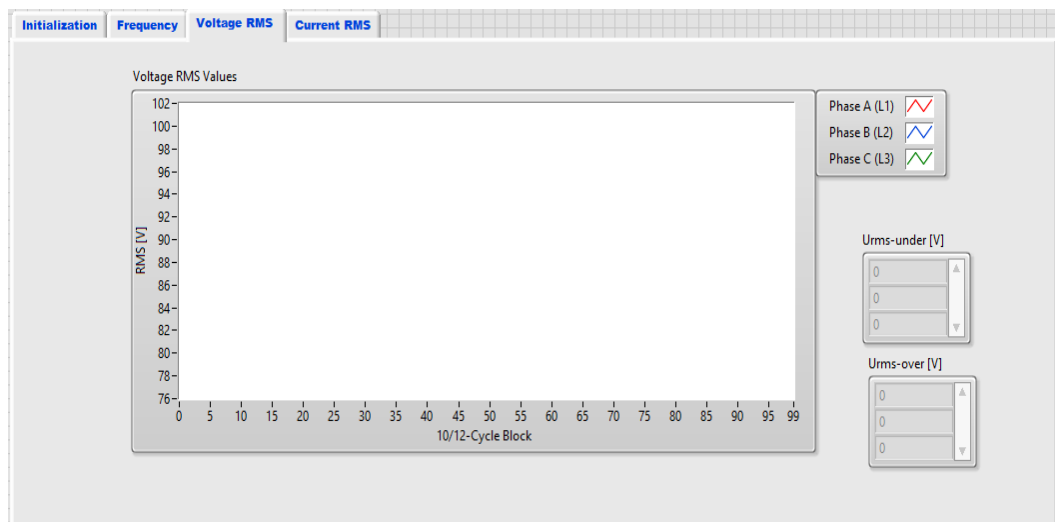
Gambar 3.9 Panel Vrms, Irms, dan Frekuensi

Pada halaman pertama panel seperti pada gambar 3.9 merupakan halaman *initialization*, pada halaman ini diatur mengenai input channel untuk tegangan serta arus dan juga inputan lain seperti jumlah sample yang akan dicuplik.



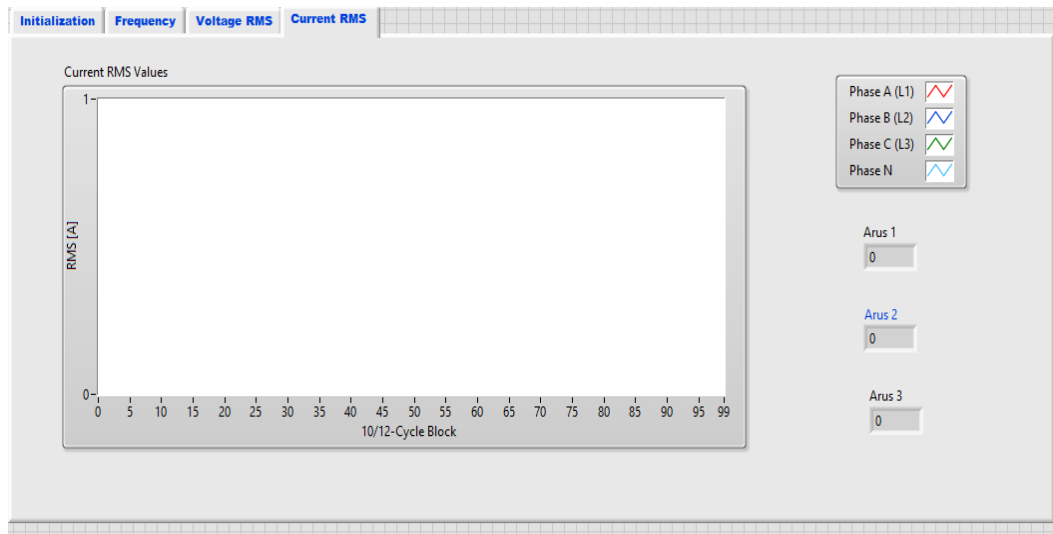
Gambar 3.10 Halaman Frekuensi

Pada halaman selanjutnya dari panel Vrms, Irms dan frekuensi seperti pada gambar 3.10 adalah halaman frekuensi. Pada halaman ini akan ditampilkan grafik dan nilai angka dari frekuensi yang terukur.



Gambar 3.11 Halaman Vrms

Pada halaman Vrms ditampilkan Tegangan rms dalam grafik dan juga angka untuk setiap fasenya.

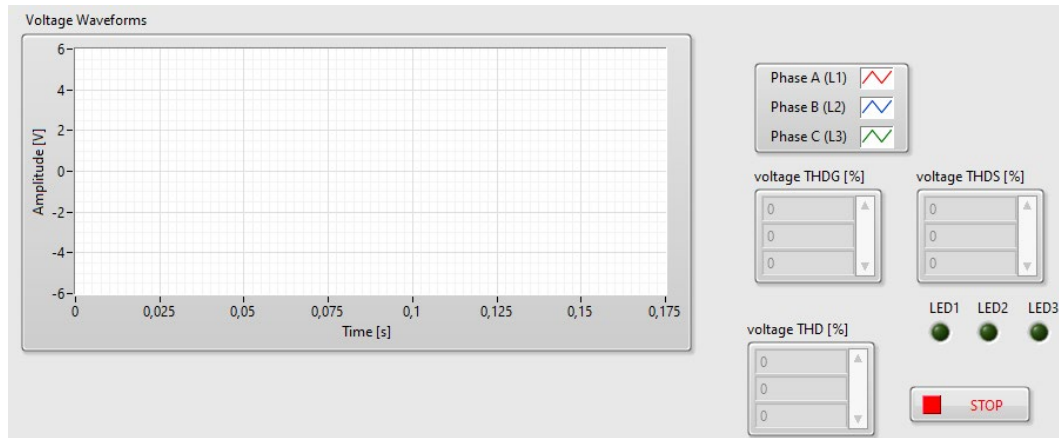


Gambar 3.12 Halaman Irms

Seperti pada halaman Vrms, pada halaman I rms diambil data arus rms dalam bentuk grafik dan juga angka untuk setiap fasanya

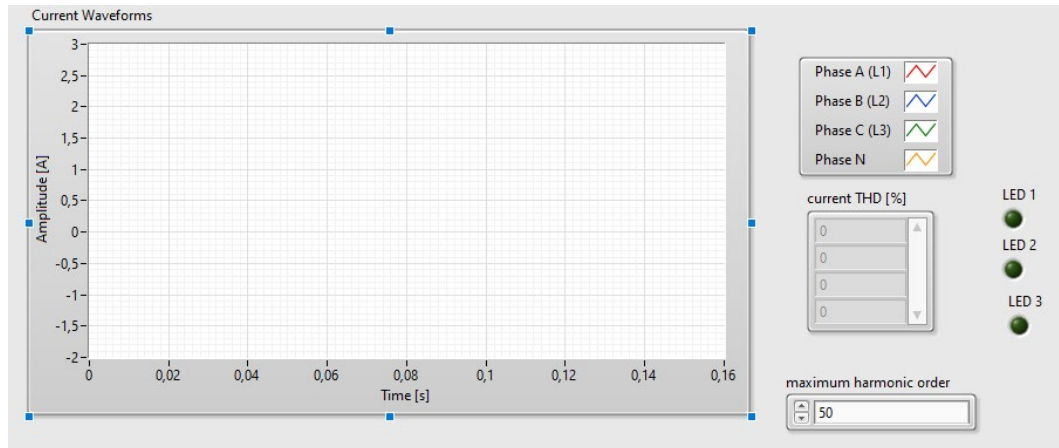
3.3.2 Interface Panel Magnitude dan THD

Panel ini digunakan untuk menampilkan data sinyal tegangan dan arus serta menampilkan nilai THD



Gambar 3.13 Halaman Voltage Waveform dan THD

Seperti yang terlihat pada gambar 3.13, halaman voltage waveform dan THD ini menampilkan bentuk sinyal dari tegangan pada ketiga fase nya serta menampilkan nilai THD dari tegangan dalam %. Ketika nilai THD melebihi standar, maka lampub LED akan menyala.



Gambar 3.14 Halaman Current Waveform dan THD

Untuk bentuk sinyal dari arus serta nilai THD untuk arus akan ditampilkan pada halaman current waveform seperti pada gambar 3.14

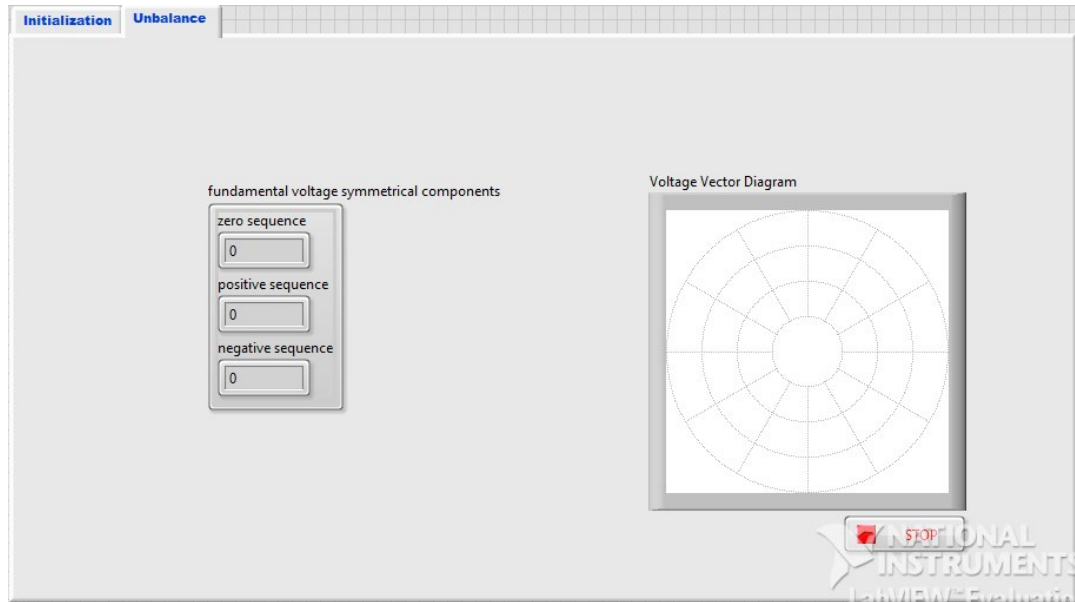
3.3.3 Interface Panel Daya dan Power Factor

Pada panel daya dan power faktor ditampilkan besaran nilai dari daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S) dan juga power faktor ($\cos \phi$)

Gambar 3.15 Halaman Daya dan Faktor Daya

3.3.4 Interface Panel Ketidakseimbangan Fasa

Pada panel ketidakseimbangan fasa ditampilkan diagram fasor dari ketiga fasa yang terbentuk dari tegangan masing – masing fasa, serta menampilkan nilai *sequence* untuk zero, positif, dan negatif



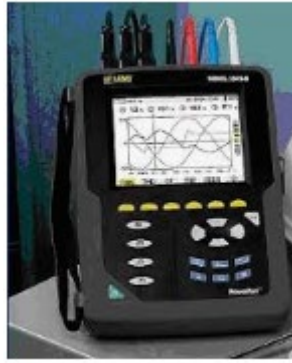
Gambar 3.16 Halaman Ketidakseimbangan fasa

3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran beberapa hal yang diamati sebagai berikut

1. Nilai Frekuensi
2. Nilai Vrms dan Irms
3. Bentuk Gelombang dan nilai THD tegangan dan arus
4. Daya dan Faktor Daya
5. Diagram fasor ketidak seimbangan fasa.

Kemudian data tersebut dilakukan pengujian menggunakan alat Power Analyzer AEMC Model 3945 untuk listrik 3 fasa. Pengujian dilakukan dengan dua variasi frekuensi yaitu 50Hz dan 35Hz.



Gambar 3.17 Power Analyzer AEMC Model 3945

3.5 Analisa dan Penutup

Analisa yang dilakukan adalah analisa teknik yang berdasar pada hasil perancangan sistem dan eksperimen. Serta tahap terakhir dari penelitian ini adalah pengambilan kesimpulan dan saran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

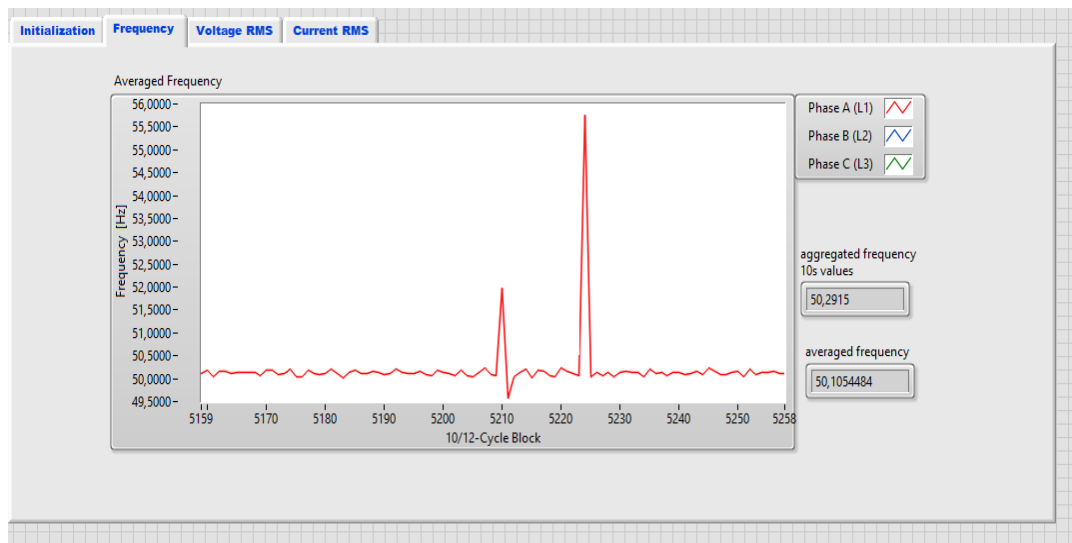
Setelah dilakukan perancangan baik alat maupun *software*, pada bab ini akan dipaparkan mengenai hasil pengambilan data dan validasi data. Pengambilan data diambil dengan sampling rate yang disamakan dengan alat AEMC yaitu 12,3 kHz

4.1 Nilai Frekuensi

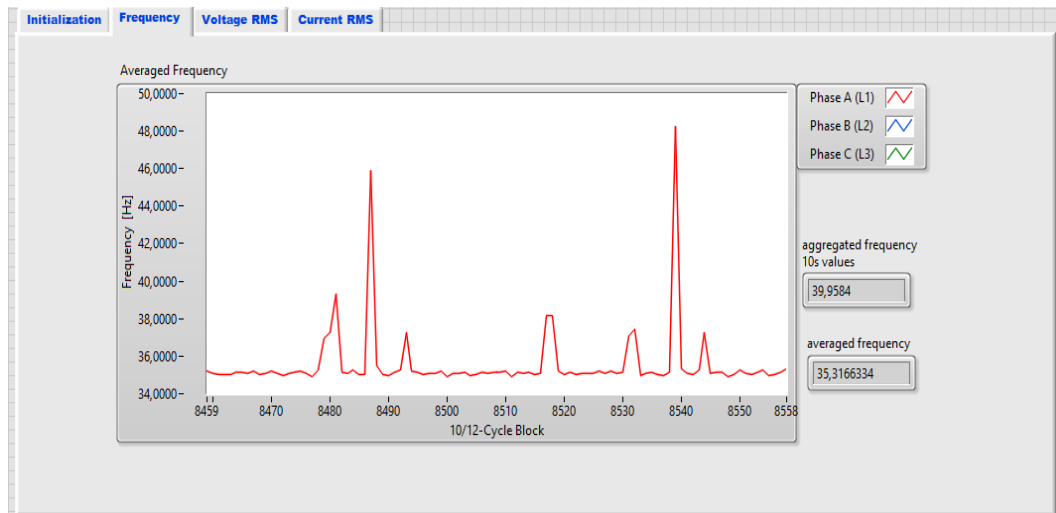
Pada rangkaian pengambilan dan pengujian data kali ini, trainer motor listrik di set pada variasi frekuensi 50 Hz dan 35 Hz.

4.1.1 Pengambilan Data Nilai Frekuensi

Berikut adalah grafik dari frekuensi 50 Hz dan 35 Hz yang diset pada inverter di trainer motor listrik tiga fasa pada pengambilan data menggunakan alat analisis listrik tiga fasa menggunakan USB DAQ yang ditampilkan pada labview



Gambar 4.1.a Grafik Frekuensi 50 Hz



Gambar 4.1.b Grafik Frekuensi 35 Hz

Terlihat pada grafik pada awal – awal penyetelan frekuensi nya tidak stabil, hal ini dikarenakan perubahan frekuensi dan juga perubahan kecepatan motor yang dipengaruhi perubahan frekuensi. Akan tetapi setelah beberapa saat frekuensi akan stabil pada angka yang ditetapkan. Setelah frekuensi cukup stabil dilakukan 10 kali pengambilan frekuensi pada setiap variasi frekuensi sebagai berikut,

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Alat Pada Variasi Frekuensi

No	Hasil pengukuran alat pada variasi frekuensi	
	50 (Hz)	35 (Hz)
1	50,05	35,31
2	50,10	35,20
3	50,05	35,07
4	50,02	35,12
5	50,10	35,24
6	50,00	35,30
7	50,04	35,12
8	50,05	35,01
9	50,00	35,21
10	50,01	35,14

Analisa : Nilai frekuensi didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$n = \frac{120 \cdot F}{P}$$

n adalah kecepatan putar motor (rpm), sedangkan P adalah jumlah kutup motor yang digunakan, pada penelitian kali ini digunakan motor dengan 4 kutup. Pada kecepatan motor 1500rpm didapat,

$$1500rpm = \frac{120 \cdot F}{4}$$

$$F = 50Hz$$

Sedangkan pada 1050rpm didapat,

$$1050rpm = \frac{120 \cdot F}{4}$$

$$F = 35Hz$$

Pada tabel 4.1 diatas dapat dilihat pada pengukuran frekuensi yang dilakukan terdapat sedikit perbedaan nilai pada tiap kali percobaan, maka oleh dari itu dilakukan pengujian menggunakan Power Analyzer AEMC 3945.

4.1.2 Pengujian Data Nilai Frekuensi Dengan Power Analyzer AEMC 3945

Setelah dilakukan pengambilan data menggunakan alat analisis listrik tiga fasa menggunakan USB DAQ, kemudian data tersebut dibandingkan dengan Power Anlyzer AEMC 3945,

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Frekuensi Menggunakan Alat dan AEMC 3945

NO	Frekuensi Inverter(Hz)	Frekuensi AEMC 3945 (Hz)	Frekuensi Alat (Hz)	Error	%Error
1	50	50	50,05	0,05	0,10
2			50,10	0,10	0,20
3			50,05	0,05	0,10
4			50,02	0,02	0,04
5			50,10	0,10	0,20
6			50,00	0,00	0,00

7			50,04	0,04	0,08
8			50,05	0,05	0,10
9			50,00	0,00	0,00
10			50,01	0,01	0,02
11	35	35	35,31	0,31	0,88
12			35,20	0,20	0,57
13			35,07	0,07	0,20
14			35,12	0,12	0,34
15			35,24	0,24	0,68
16			35,30	0,30	0,85
17			35,12	0,12	0,34
18			35,01	0,01	0,02
19			35,21	0,21	0,60
20			35,14	0,14	0,40
Total				2,14	5,72
Rata - rata				0,11	0,28

Pada pengujian data diatas di dapatkan error dengan pengukuran sebagai berikut :

$$\text{Error} = \text{Hasil AEMC 3945} - \text{Hasil Alat}$$

$$\% \text{Error} = \frac{[\text{Hasil AEMC 3945} - \text{Hasil Alat}]}{\text{Hasil AEMC 3945}} \times 100$$

Lalu didapatkan rata – rata %error sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata \%Error} &= \frac{\text{Total \%error}}{\text{jumlah hasil pengukuran}} \\ &= \frac{5,72\%}{20} \\ &= 0,28 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi pengukuran alat memiliki tingkat error $\pm 0,28\%$ jika dibandingkan dengan pengukuran frekuensi AEMC 3945.

4.2 Nilai Vrms dan Irms

4.2.1 Pengambilan Data Vrms dan Irms

Pada pengambilan data nilai Vrms dan Irms dilakukan pengambilan data pada ketiga fasa dengan variasi frekuensi 50 dan 35 Hz

1. Vrms

Dilakukan pengambilan data dengan 50 sampel Vrms seperti pada lampiran 4 dengan rata-rata sebagai berikut,

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Vrms pada frekuensi 50 dan 35 Hz

Parameter	R	S	T
Vrms Pada Frekuensi 50Hz (V)	141,09	138,33	139,35
Standar Deviasi	0,92	1,07	0,84
Vrms Pada Frekuensi 35 Hz (V)	132,42	127,81	125,33
Standar Deviasi	0,46	0,51	0,31

2. Irms

Dilakukan pengambilan data dengan 50 sampel Vrms seperti pada lampiran 4 dengan rata-rata sebagai berikut,

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Irms pada frekuensi 50 dan 35 Hz

Parameter	R	S	T
Irms Pada Frekuensi 50Hz (A)	0,42	0,45	0,47
Standar Deviasi	0,007	0,009	0,01
Irms Pada Frekuensi 35 Hz (A)	0,57	0,48	0,62
Standar Deviasi	0,02	0,02	0,01

4.2.2 Pengujian Data Vrms dan Irms Dengan Power Analyzer AEMC 3945

1. Vrms

Setelah dilakukan pengambilan data menggunakan alat analisis listrik tiga fasa berbasis USB DAQ, kemudian data tersebut dibandingkan dengan Power Anlyzer AEMC 3945,

Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Vrms Menggunakan Alat dan AEMC 3945

NO	VRMS	Nilai Vrms AEMC(V)	Nilai Vrms Alat(V)	Error	%Error
1	V_R Untuk 50Hz	140,48	141,09	0,61	0,43
2	V_S Untuk 50Hz	138,87	138,33	0,54	0,38
3	V_T Untuk 50Hz	137,42	139,35	1,93	1,40
4	V_R Untuk 35Hz	133,72	132,42	1,3	0,97
5	V_S Untuk 35Hz	130,79	127,81	2,98	2,20
6	V_T Untuk 35Hz	127,92	125,33	2,59	2,02
Total				9,95	7,4
Rata - rata				1,65	1,23

Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi pengukuran alat untuk Vrms memiliki tingkat error $\pm 1,23\%$ jika dibandingkan dengan pengukuran AEMC 3945.

2. Irms

Setelah dilakukan pengambilan data Irms menggunakan alat analisis listrik tiga fasa berbasis USB DAQ, kemudian data tersebut dibandingkan dengan Power Anlyzer AEMC 3945 agar diketahui tingkat kesalahannya

Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Irms Menggunakan Alat dan AEMC 3945

NO	IRMS	Nilai Irms AEMC(A)	Nilai Irms Alat(A)	Error	%Error
1	I_R Untuk 50Hz	0,42	0,42	0	0
2	I_S Untuk 50Hz	0,47	0,46	0,01	2,20
3	I_T Untuk 50Hz	0,44	0,44	0	0
4	I_R Untuk 35Hz	0,50	0,50	0	0
5	I_S Untuk 35Hz	0,46	0,45	0,01	2,17
6	I_T Untuk 35Hz	0,57	0,57	0	0
Total				0,02	4,37
Rata - rata				0,003	0,72

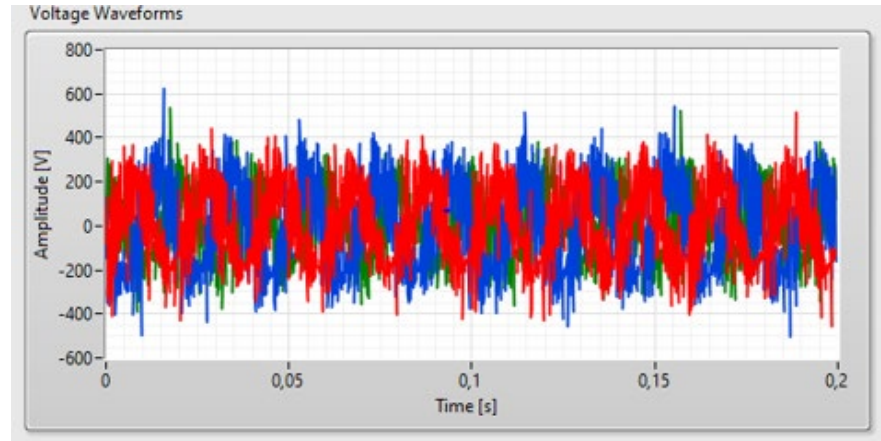
Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi pengukuran alat untuk Irms memiliki tingkat error $\pm 0,72\%$ jika dibandingkan dengan pengukuran AEMC 3945.

4.3 Bentuk Gelombang dan Nilai THD Tegangan dan Arus

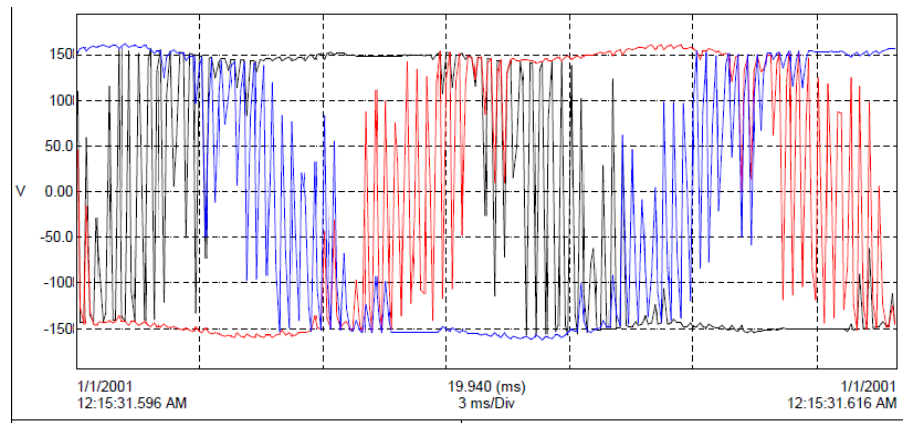
Perbandingan bentuk gelombang serta nilai THD dari tegangan dan arus ini dilakukan dengan membandingkan hasil data dari alat analisis listrik tiga fasa dan *power analyzer* AEMC 3945

4.3.1 Perbandingan Gelombang Tegangan

Pada pengambilan data kali ini, data bentuk gelombang tegangan dari motor langsung dibandingkan hasilnya antara bentuk gelombang dari alat analisis tiga fasa berbasis usb DAQ dan alat *power analyzer*.



Gambar 4.2.a Gelombang Tegangan dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbaasis USB DAQ dengan Frekuensi 50Hz



Gambar 4.2.b Gelombang Tegangan dari AEMC dengan frekuensi 50Hz

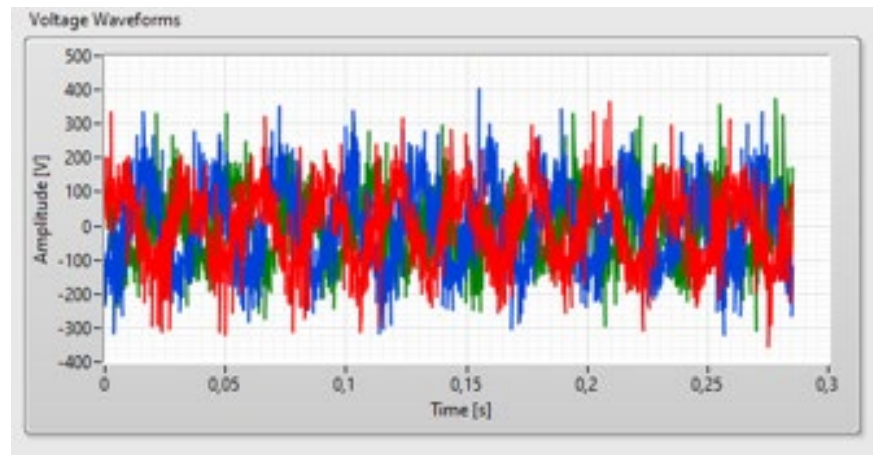
Analisa : Bentuk gelombang tegangan didapat menggunakan persamaan (2.1) yaitu

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t + q)$$

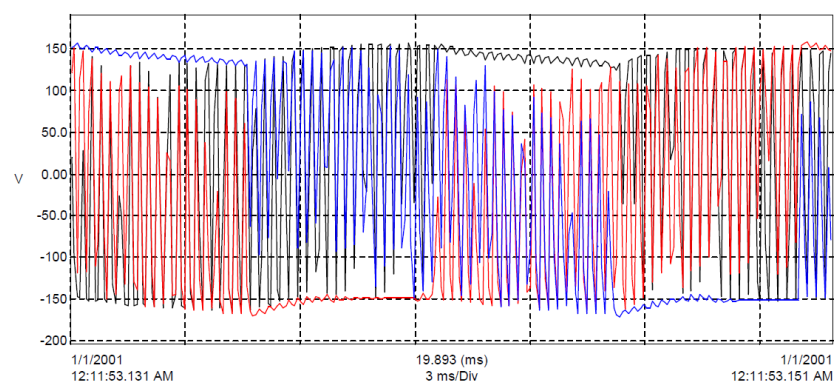
Dimana,

$$V_{max} = \sqrt{2} V_{rms}$$

Berdasarkan pengujian didapatkan bentuk gelombang yang kurang lebih sama antara alat analisis listrik tiga fasa berbasis USB DAQ dan *power analyzer* AEMC. Bentuk gelombang sama – sama membentuk gelombang sinusoidal dengan banyak distorsi. Pada gelombang keluaran alat ditampilkan gelombang dengan sumbu Y yang merupakan tegangan puncak ke puncak ($V_{peak-peak}$) sehingga nilainya lebih besar daripada sumbu Y pada AEMC yang merupakan tegangan efektif (V_{rms}).



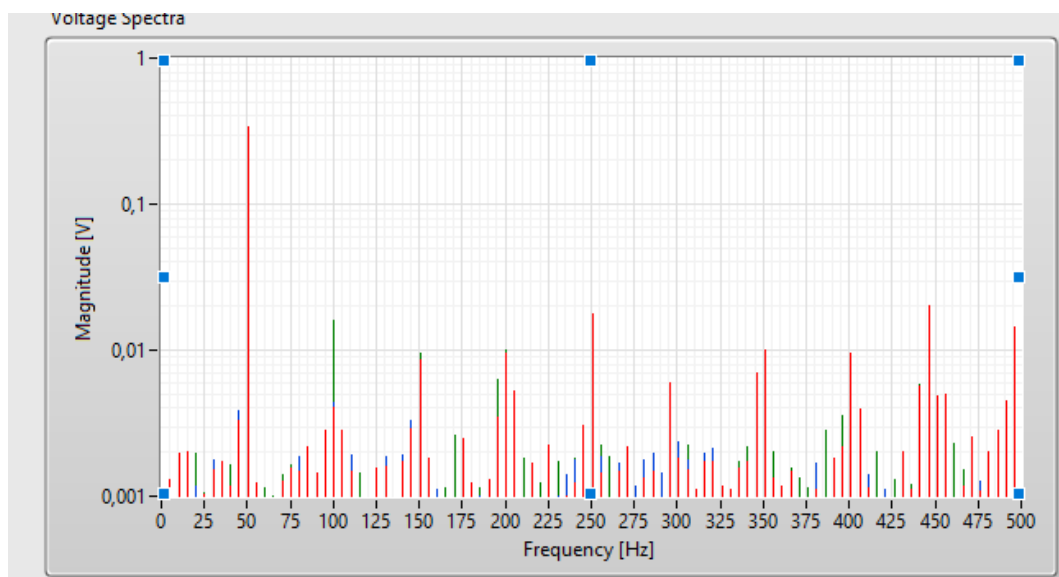
Gambar 4.3.a Gelombang Tegangan dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 35Hz



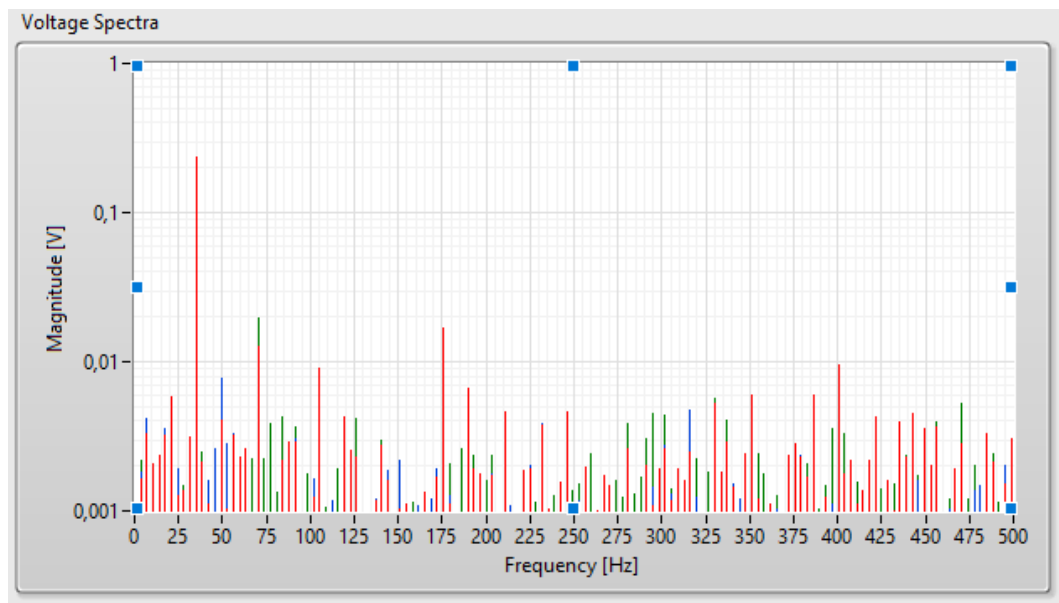
Gambar 4.3.b Gelombang Tegangan dari AEMC dengan frekuensi 35Hz

Pada frekuensi 35 Hz, sebenarnya nilai tegangan nya lebih kecil daripada frekuensi 50 Hz, hal ini terlihat pada pengambilan data sebelumnya mengenai V_{rms} dan I_{rms} . Akan tetapi karena bentuk gelombang yang tingkat harmonik distorsi nya cukup tinggi sehingga kurang nampak jelas perubahannya dari frekuensi 50Hz dan 35 Hz. Berikut adalah data dari rata - rata THDV dengan sampel sebanyak 50 data seperti pada lampiran

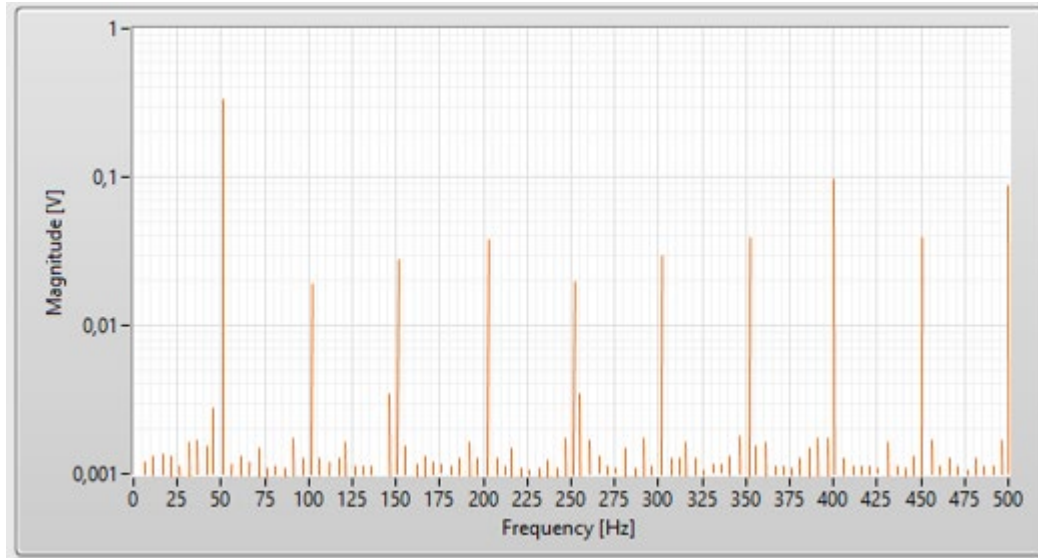
Setelah didapatkan gelombang tegangan untuk frekuensi 50 dan 35 Hz, kemudian dilakukan pengamatan pada spektrum tegangan berikut ini,



Gambar 4.4.a Spektrum Tegangan Pada Frekuensi 50Hz



Gambar 4.4.b Spektrum Tegangan Pada Frekuensi 35Hz



Gambar 4.4.c Spektrum Tegangan Pada Frekuensi 35Hz

Analisa : Spektrum tegangan dengan frekuensi didapatkan dengan persamaan sebagai berikut,

$$v = \frac{4V_{rms}}{\pi}, \frac{4V_{rms}}{3\pi}, \frac{4V_{rms}}{5\pi}, \dots$$

Besarnya V akan semakin kecil berdasarkan urutan harmonik (3,5,7..) sampai siklus berikutnya, akan tetapi karena adanya distorsi harmonik maka akan mempengaruhi bentuk spektrum.

Berdasarkan spektrum tegangan diatas didapat bahwa magnitude tegangan paling tinggi berada pada saat frekuensi dasar yaitu 50 dan 35 Hz. Besar tegangan pada frekuensi lainnya menimbulkan distorsi pada gelombang, semakin tinggi tegangan pada frekuensi lain akan mengakibatkan tingginya total harmonik distorsi pada gelombang seperti pada persamaan (2.5)

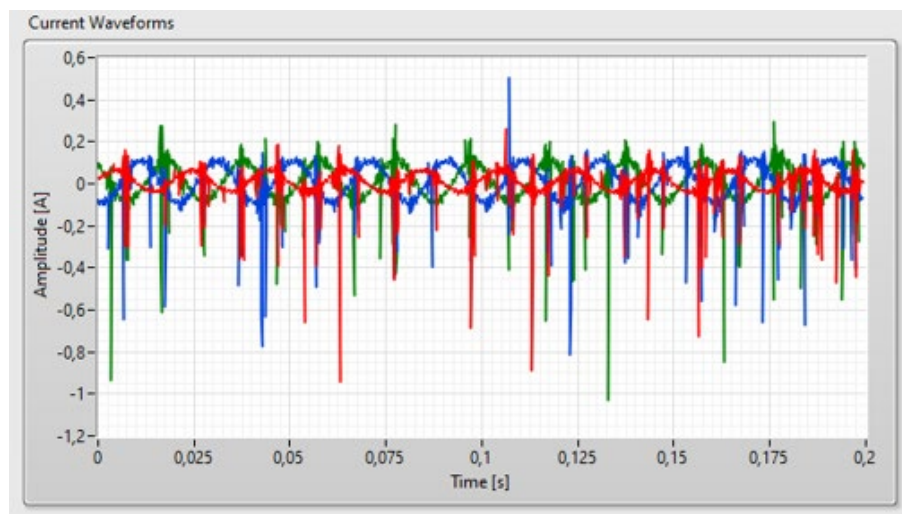
Berikut adalah data dari rata - rata THDV dengan sampel sebanyak 50 data seperti pada lampiran 4

Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran THDV

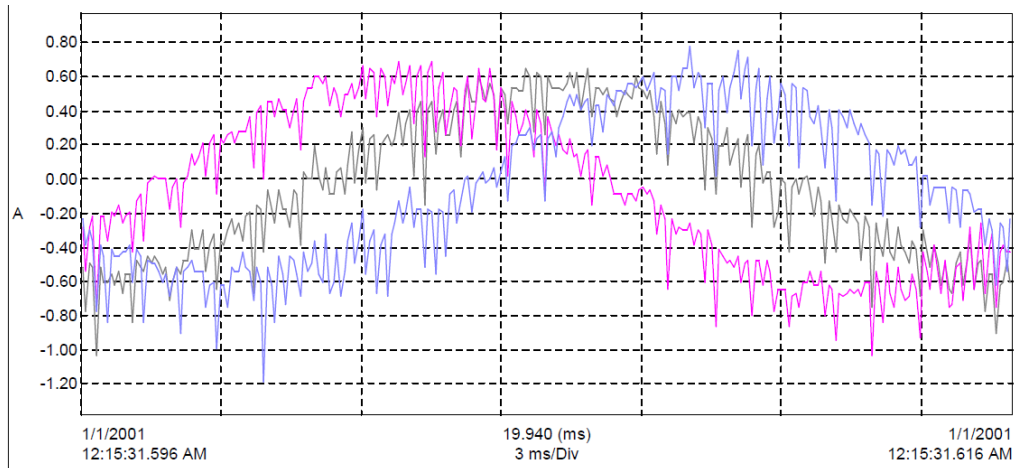
Parameter	R	S	T
THDV Pada Frekuensi 50Hz (%)	18,33	18,10	18,55
Standar Deviasi	0,58	0,42	0,27
THDV Pada Frekuensi 35 Hz (%)	42,88	48,64	59,01
Standar Deviasi	0,30	0,25	0,60

4.3.2 Perbandingan Gelombang Arus

Sama halnya dengan perbandingan gelombang tegangan, data bentuk gelombang arus dari motor langsung dibandingkan hasilnya antara bentuk gelombang dari alat analisis tiga fasa berbasis usb DAQ dan alat *power analyzer*.

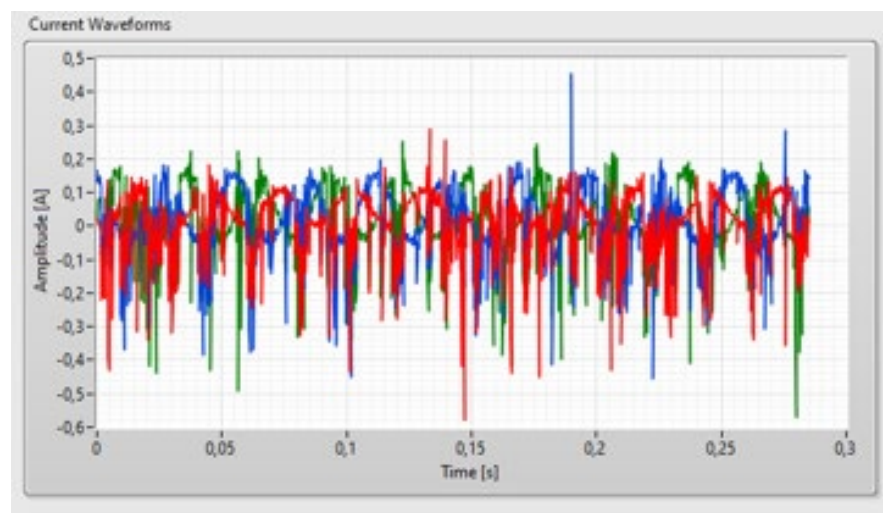


Gambar 4.5.a Gelombang Arus dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 50Hz

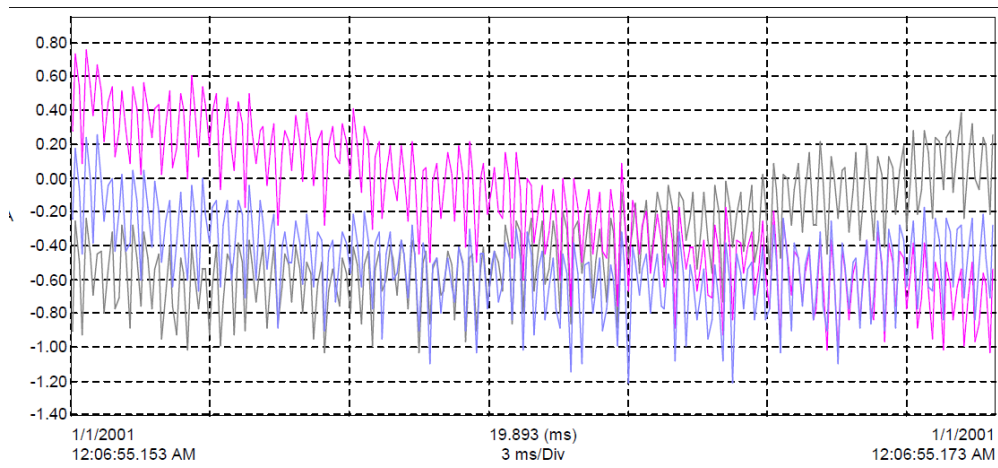


Gambar 4.5.b Gelombang Arus dari AEMC dengan frekuensi 50Hz

Bentuk gelombang pada AEMC tampak lebih stabil dari pada gelombang arus di alat analisis, hal ini mengakibatkan range data THD arus pada alat analisis memiliki range yang lebar.



Gambar 4.6.a Gelombang Arus dari Alat Analisis Listrik Tiga Fasa Berbasis USB DAQ dengan Frekuensi 35Hz



Gambar 4.6.b Gelombang Arus dari AEMC dengan frekuensi 35Hz

Bentuk gelombang arus difrekuensi 35 untuk pengukuran alat analisis dan AEMC sama – sama memiliki tingkat deviasi yang tinggi dari sinyanya sinusoidal murni. Hal ini terjadi karena frekuensi yang diberikan terlalu kecil dari pada frekuensi fundamental atau frekuensi dasar dari motor itu sendiri yang menyebabkan berubahnya nilai tegangan dan arus rms. Hal ini membuktikan rumus THD pada persamaan (2.5) Berikut adalah data dari rata - rata THDI dengan sampel sebanyak 50 data seperti pada lampiran 4

Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran THDI

Parameter	R	S	T
THDI Pada Frekuensi 50Hz (%)	14,47	12,64	18,52
Standar Deviasi	0,45	0,38	0,38
THDI Pada Frekuensi 35 Hz (%)	46,59	62,26	36,88
Standar Deviasi	0,45	0,54	0,55

4.3.3 Pengujian Data THD Dengan Power Analyzer AEMC 3945

Setelah tergambarkan bentuk gelombang dari tegangan dan arus, selanjutnya melakukan pengukuran nilai THD yang menggambarkan distorsi pada gelombang tersebut. Pengukuran dilakukan pada ketiga fasa dengan variasi frekuensi 50 dan 35 Hz

Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran THD Tegangan Menggunakan Alat dan AEMC 3945

NO	THDV	Nilai THDV AEMC(%)	Nilai THDV Alat(%)	Error	%Error
1	$THDV_R$ Untuk 50Hz	19,15	18,33	0,82	4,2
2	$THDV_S$ Untuk 50Hz	18,30	18,10	0,20	1,0
3	$THDV_T$ Untuk 50Hz	18,07	18,55	0,48	2,6
4	$THDV_R$ Untuk 35Hz	44,60	42,88	1,72	3,8
5	$THDV_S$ Untuk 35Hz	49,03	48,64	0,39	0,7
6	$THDV_T$ Untuk 35Hz	60,98	59,01	1,97	3,2
Total				5,58	15,5
Rata - rata				0,93	2,58

Analisa : Data THDv didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan rumus (2.5) berikut:

$$THDv = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} V_{rms_h}^2}}{V_{rms_1}} \times 100\%$$

$$\bullet \quad THDv_R(50Hz) = \frac{\sqrt{(5,01+4,43+5,32+5,21+4,19+1,68)^2}}{V_{rms_1}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{(25,84)^2}}{141,09} \times 100\% = 18,33\%$$

- $THDv_s(50Hz) = \frac{\sqrt{(24,97)^2}}{138,33} \times 100\% = 18,10\%$
- $THDv_T(50Hz) = \frac{\sqrt{(25,78)^2}}{139,35} \times 100\% = 18,55\%$

Nilai V_{rms1} merupakan fundamental yang didapatkan dari pengukuran, dapat dilihat pada tabel 4.3 sedangkan V_{rms_h} merupakan komponen harmonik ganjil (3,5,7...n) Ukuran dari distorsi individual untuk tegangan masing – masing didefinisikan sebagai V_{rms_h}/V_{rms1}

Dari hasil perbandingan, diketahui nilai akurasi pengukuran alat untuk *Total Harmonic Distortion Voltage* (THDV) memiliki tingkat error $\pm 2,58\%$ jika dibandingkan dengan pengukuran AEMC 3945.. Berdasarkan tabel 2.4 IEEE 519-2014 yang sudah ditetapkan sebesar standar nya 8% maka

Tabel 4.10 Parameter THDV

Alat Ukur	THDV Tiap Fasa Pada Frekuensi 50 Hz			THDV Tiap Fasa Pada Frekuensi 35 Hz			Keterangan
	R	S	T	R	S	T	
Alat analisis	18,33%	18,10%	18,55%	42,88%	48,64%	59,01%	Tidak sesuai standart IEEE 519 - 2014
AEMC	19,15%	18,30%	18,07%	44,60%	49,03%	60,98%	

Berdasarkan hasil pada tabel 4.10 pada kedua pengukuran baik menggunakan alat analisis maupun AEMC keduanya memberikan hasil bahwa beban yang diukur yaitu motor listrik tiga fasa tidak sesuai standar

Setelah dilakukan pengukuran dan pengujian data THD untuk tegangan, selanjutnya dilakukan pengukuran dan pengujian data THD untuk arus dengan hasil sebagai berikut

Tabel 4.11 Data Hasil Pengukuran THD Arus Menggunakan Alat dan AEMC 3945

NO	THDI	Nilai THDI AEMC(%)	Nilai THDI Alat(%)	Error	%Error
1	$THDI_R$ Untuk 50Hz	14,63	14,47	0,16	1,0
2	$THDI_S$ Untuk 50Hz	12,16	12,64	0,48	3,7
3	$THDI_T$ Untuk 50Hz	18,46	18,52	0,06	0,3
4	$THDI_R$ Untuk 35Hz	46,59	46,59	0	0
5	$THDI_S$ Untuk 35Hz	62,92	62,26	0,66	1,04
6	$THDI_T$ Untuk 35Hz	36,94	36,88	0,06	0,16
Total				9,32	6,2
Rata - rata				1,55	1,03

Analisa : Data THDi didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan rumus (2.5) berikut:

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} I_{rms_h}^2}}{I_{rms_1}} \times 100\%$$

$$\bullet \quad THDi_R(50Hz) = \frac{\sqrt{(0,009+0,010+0,011+0,008+0,010+0,012)^2}}{I_{rms_1}} 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{(0,053)^2}}{0,42} 100\% = 14,47\%$$

$$\bullet \quad THDi_S(50Hz) = \frac{\sqrt{(0,056)^2}}{0,45} 100\% = 12,64\%$$

$$\bullet \quad THDi_T(50Hz) = \frac{\sqrt{(0,087)^2}}{0,47} 100\% = 18,52\%$$

Nilai I_{rms_1} merupakan fundamental yang didapatkan dari pengukuran, dapat dilihat pada tabel 4.3 sedangkan I_{rms_h} merupakan komponen harmonik ganjil (3,5,7...n) Ukuran dari distorsi individual untuk arus masing – masing didefinisikan sebagai I_{rms_h}/I_{rms_1}

Dari hasil perhitungan, diketahui nilai akurasi pengukuran alat untuk *Total Harmonic Distortion Current* (THDI) memiliki tingkat error $\pm 3,61\%$ jika dibandingkan dengan pengukuran AEMC 3945. Berdasarkan tabel 2.4 IEEE 519-2014 yang sudah ditetapkan sebesar 5% maka

Tabel 4.12 Parameter THDI

Alat Ukur	THDI Tiap Fasa Pada Frekuensi 50 Hz			THDI Tiap Fasa Pada Frekuensi 35 Hz			Keterangan
	R	S	T	R	S	T	
Alat analisis	14,47%	12,64%	18,52%	46,59%	62,26%	36,88%	Tidak sesuai standart IEEE 519 - 2014
AEMC	14,63%	12,16%	18,46%	46,59%	62,92%	36,94%	

Berdasarkan hasil pada tabel 4.12 pada kedua pengukuran baik menggunakan alat analisis maupun AEMC keduanya memberikan hasil bahwa beban yang diukur yaitu motor listrik tiga fasa tidak sesuai standar

4.4 Daya Aktif, Reaktif, Semu dan Faktor Daya

Daya aktif, reaktif, dan semu diambil dengan melakukan pengukuran pada alat dengan sample sebanyak 50 dan dengan standar deviasi sebesar 1,03

Tabel 4.13 Daya dan Faktor Daya

Alat Ukur	Daya dan Power Faktor Pada Frekuensi 35 Hz					Daya dan Power Faktor Tiap Fasa Pada Frekuensi 50 Hz				
	P (Watt)	Q (VAR)	S (VA)	Cos Phi	Error (%)	P (Watt)	Q (VAR)	S (VA)	Cos Phi	Error (%)
Alat analisis	89,65	77,19	124,52	0,72	1,41	84,12	67,73	109,18	0,77	0,4
AEMC	88,23	78,16	124,46	0,70		84,59	67,92	108,94	0,77	

Hasil pengukuran daya didapatkan berdasarkan perhitungan matematis rumus sebagai berikut

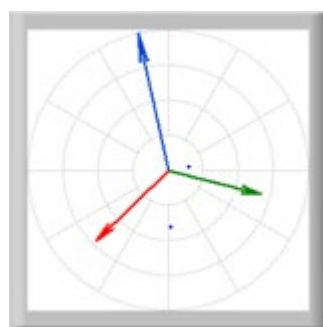
$$\text{Daya Aktif (P)} = V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3}$$

$$\text{Daya Semu (S)} = V \times I \times \sqrt{3}$$

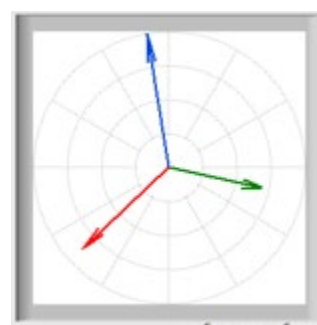
$$\text{Daya Reaktif (Q)} = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$$

Dari hasil yang didapat, terlihat bahwa nilai daya pada frekuensi 35Hz lebih besar, dikarenakan pada frekuensi 35Hz didapatkan nilai total harmonik distorsi yang lebih besar yang mengakibatkan rugi rugi pada daya.

4.5 Diagram Fasor Ketidakseimbangan Fasa



(a)



(b)

Gambar 4.7. Diagram Fasor Alat Analisis (a) Frekuensi 50Hz (b) 35Hz

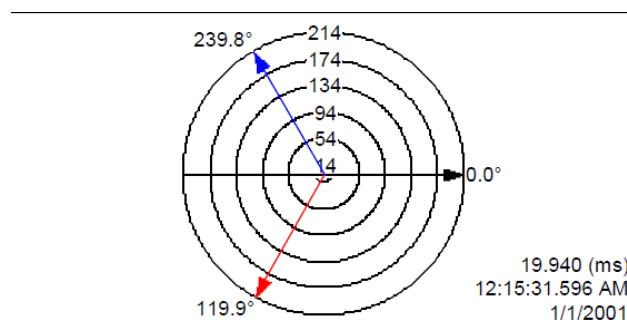
Analisa : Bentuk diagram fasor tegangan tiga fasa yang ideal seharusnya memiliki perbedaan 120° di tiap fasenya, akan tetapi karena adanya distorsi yang ditunjukkan pada gelombang sinusoidal, maka akan didapat penyimpangan sudut pada fasanya nya, didapatkan dengan prinsip persamaan sebagai berikut,

$$Vr(t) = \sqrt{2} V \sin \omega t$$

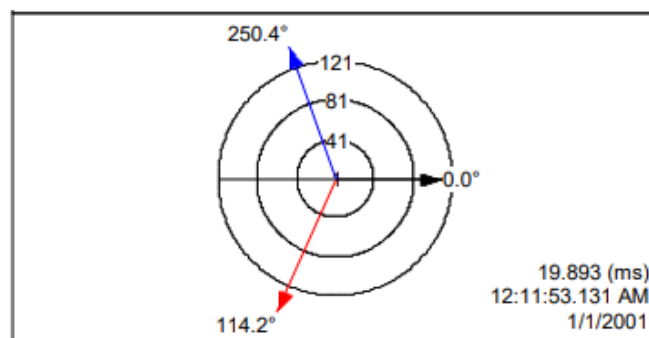
$$Vs(t) = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$Vt(t) = \sqrt{2} V \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Seperti yang terlihat pada gambar 4.7 a dan b, terlihat bahwa diagram fasor yang ditampilkan menunjukkan bahwa diagram fasor pada frekuensi 50Hz fasor merah berada pada sudut 117° dengan kemiringan sebesar 3° berlawanan arah jarum jam terhadap fasor normal, pada fasor biru berada pada sudut $233,9^\circ$ dengan kemiringan $6,1^\circ$ berlawanan arah jarum jam terhadap fasor normal, pada fasor hijau terletak pada sudut $126,1^\circ$ dengan kemiringan $6,1^\circ$. Sedangkan pada frekuensi 35 Hz, fasor merah berada pada sudut kemiringan sebesar dengan sudut $233,9^\circ$ dengan kemiringan $6,1^\circ$ pada fase biru, dan $117,6^\circ$ dengan kemiringan $2,4^\circ$ pada fase merah dari posisi ideal ke arah jarum jam, sedangkan negative sequence menunjukkan kalau diagram fasor memiliki kemiringan $115,3^\circ$ dengan kemiringan $4,7^\circ$ berlawanan arah jarum jam terhadap fasor normal, fasor biru terdapat pada sudut 137° , miring 17° searah jarum jam terhadap fasor normal, fasor hijau terletak pada sudut $107,5^\circ$ dengan kemiringan $13,5^\circ$



(a)



(b)

Gambar 4.8 (a) Diagram Fasor Power Analyzer AEMC pada Frekuensi
50Hz (b) frekuensi 35 Hz

Tabel 4.14 Perbandingan Sudut

Frekuensi	Sudut	AEMC	ALAT
50 Hz	R-S	119,9	117,6
	R-T	119,9	116,3
	S-T	120,2	126,1
35 Hz	R-S	114,2	115,3
	R-T	136,2	137,2
	S-T	109,6	107,5

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah beberapa pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat alat yang mampu melakukan pengukuran kualitas daya listrik dengan cara mengukur frekuensi, Tegangan Efektif, Total harmonik distorsi dalam bentuk grafik dan juga angka, dengan menggunakan sensor ZMPT101B, ACS712, USB DAQ 1608 G dan juga Labview sebagai *interface* yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dari hasil pengukuran yang telah dilakukan memiliki hasil bahwa Motor listrik 3 fasa yang memiliki spesifikasi yang telah tertera dan dihubungkan pada inverter ATV12HU15M2 pada trainer motor, memiliki ketidakseimbangan fasa dan THD yang terukur melebihi standar IEEE 519-2014
2. Telah berhasil dibuat sistem untuk menampilkan pengukuran dalam angka dan grafik yang ditampilkan pada sistem Labview. Dengan pengujian yang dilakukan dalam 2 variasi frekuensi yaitu 50Hz dan 35 Hz didapatkan berbagai kondisi, hasil pengambilan berhasil di validasi dengan membandingkan data alat analisis kualitas daya listrik berbasis USB DAQ 1608G dengan *Power Analyzer* AEMC 3945, pada pengujian data frekuensi terhitung persentase error 0,28%, pada pengujian Vrms persentase error 1,23%, pada pengujian Irms persentase errornya 0,72%, pada pengujian THDV persentase errornya 2,58% , pada THDI persentase errornya 1,03%. Pada pengukuran daya dan power faktor didapat persentase error 1,41% pada frekuensi 35 Hz, dan 0,4% pada frekuensi 50Hz
3. Dengan pengujian yang dilakukan total harmonik distortion didapatkan dengan membandingkan tegangan dan arus pada frekuensi harmonik dengan tegangan dan arus pada frekuensi fundamental. Didapatkan bentuk diagram fasor tegangan yang menunjukkan ketidakseimbangan fasa berupa kemiringan sudut. Pada frekuensi 50Hz fase R-S $117,6^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat, dan $119,9^\circ$ pada pengukuran menggunakan AEMC, pada fase R-T di

dapat $116,3^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat dan $119,9^\circ$ pada AEMC, dan pada fase S-T didapat $126,1^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat dan $120,1^\circ$ pada pengukuran menggunakan AEMC. Pada frekuensi 35 Hz fase R-S $115,3^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat, dan $114,2^\circ$ pada pengukuran menggunakan AEMC, pada fase R-T di dapat $137,2^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat dan $136,2^\circ$ pada AEMC, dan pada fase S-T didapat $107,5^\circ$ pada pengukuran menggunakan alat dan $109,6^\circ$ pada pengukuran menggunakan AEMC.

5.2 Saran

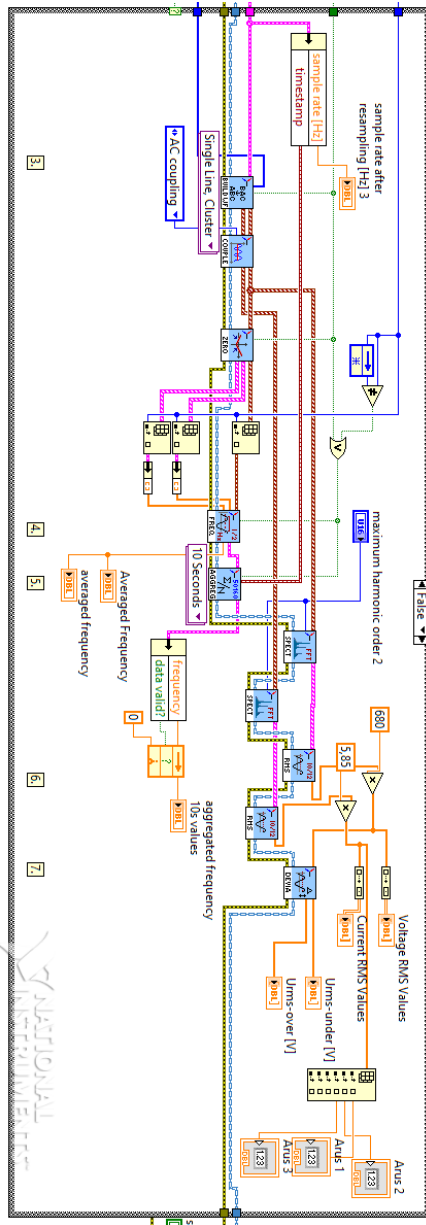
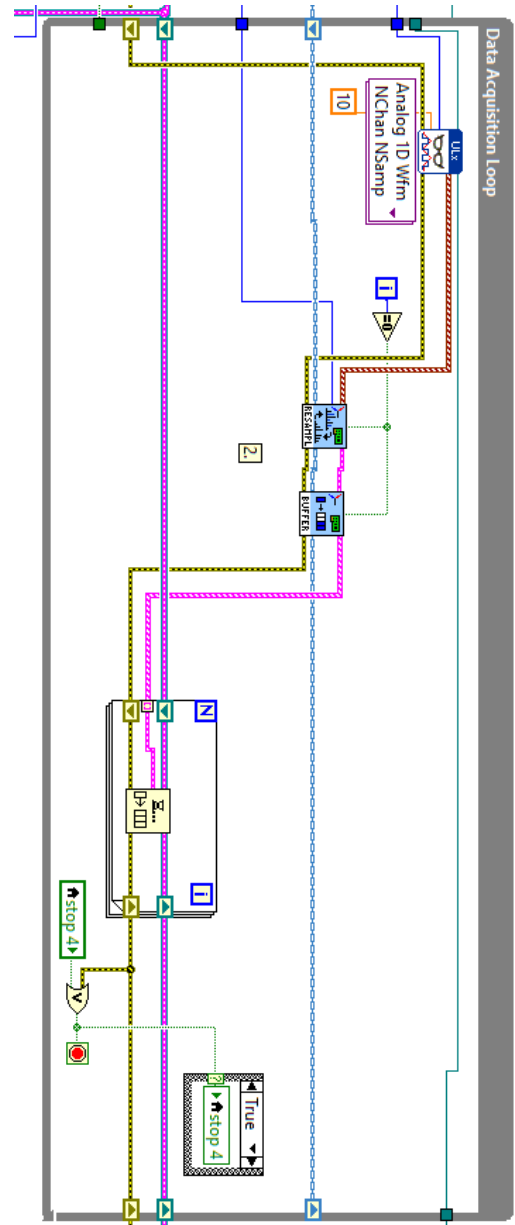
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, diantaranya:

1. Sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan hanya memiliki kemampuan pembacaan hasil maksimal yang terbatas. Maka dari itu perlu digunakan untuk sensor dengan kemampuan maksimal yang lebih besar sehingga bisa alat tersebut bisa digunakan untuk sistem yang lebih besar.
2. Perlunya dibandingkan dengan power analyzer yang lain untuk memperkuat data yang diperoleh

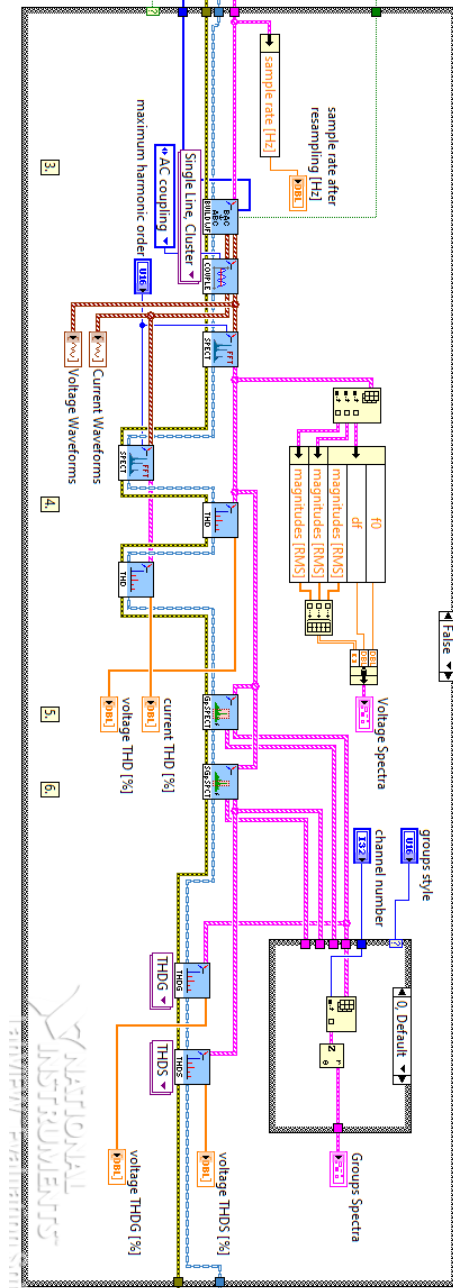
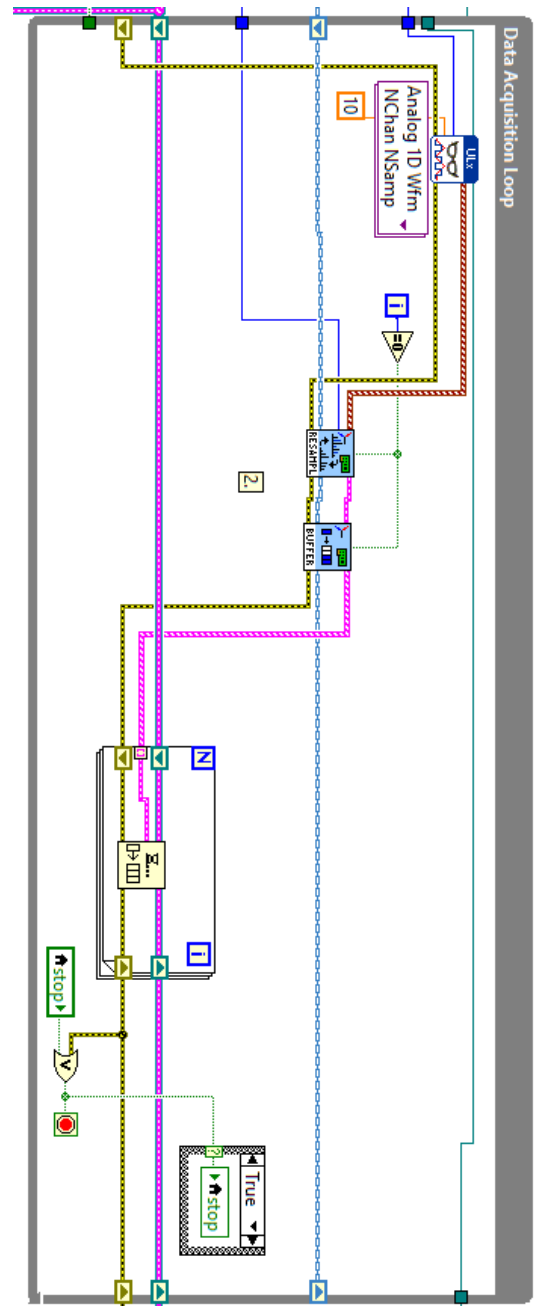
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Statistik Ketenagalistrikan 2017. Vol 31. 2018
- [2] M. H. Rizal . “Kualitas Daya Listrik Industri .”Skripsi, Universitas Indonesia, Depok, 2018.
- [3] Nicolas. Horne. “A PC Based Three Phase System Analyser”2017.
- [4] Angga. Hidson. “Monitoring Ketidakseimbangan Beban Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroller dan SMS.” Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2016
- [5] W. A. A. Widiastara, I. W. Rinas, and I. W. Sukerayasa, “Analisis Pengaruh Total Harmonic Distortion Terhadap Losses dan Efisiensi Transformator RSUD Kabupaten Klungkung,” *J. Nas. Tek. Elektro.*, vol. 16 , no. 1, 2017.
- [6] User Guide USB 1608 Series. 2012
- [8] E. K. H. G. Afrizal Fitriandi. “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway.” *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, pp. 87-98, May. 2016.
- [9] M. S. Budiawan. “Sistem Pengendali Beban Arus Listrik Berbasis Arduino.”Skripsi, Universistam Negerei Alauddin, Makassar, 2017.
- [10] M. Y. Yunus, Marhatang. “Implementasi Labview Untuk Pemantauan Pemakaian Energi Listrik.” *Jurnal of Electrical and Electronic Engineering.*, vol. 2, no.1, 2018.
- [11] I. H. Purnomo. “Analisis Motor Induksi 3 Fasa Dengan Metode Kerangka Referensi,” Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [12] J. C. Erfan. “Inverter 3 fasa 220 Volt Dengan Output Sinusoidal Frekuensi 50 Hz Menggunakan Arduino Dengan Teknik Direct Digital Synthesis,” Skripsi, Universitas Muhamadiyah Surakarta, Surakarta, 2016
- [13] Internet: <https://www.kelistrikanku.com/2016/09/menghitung-arus-daya-kecepatan-motor-listrik-ac.html>, 2016 [January, 2020].
- [14] M. Syahwil., M. Tola., and S. Majang. “Studi Dampak Harmonisa Terhadap Susut Teknis Pada Industri Semen (Kasus Industri Semen Tonasa),”*Jurnal Teknik Universitas Hasanudin*, vol 5, no 02, pp. 1-12
- [15] K. Indrakoesoema, dkk, “Analisis Pengaruh Harmonisa Pada Transformator BHT01 dan BHT02 RSG GA. Siwabessy” *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir PRSG*, 2014.
- [16] Internet : <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132296049/pendidikan/ANALISIS+SISTEM+TENAGA+LISTRIK+5.pdf>, 2015 [January, 2020]

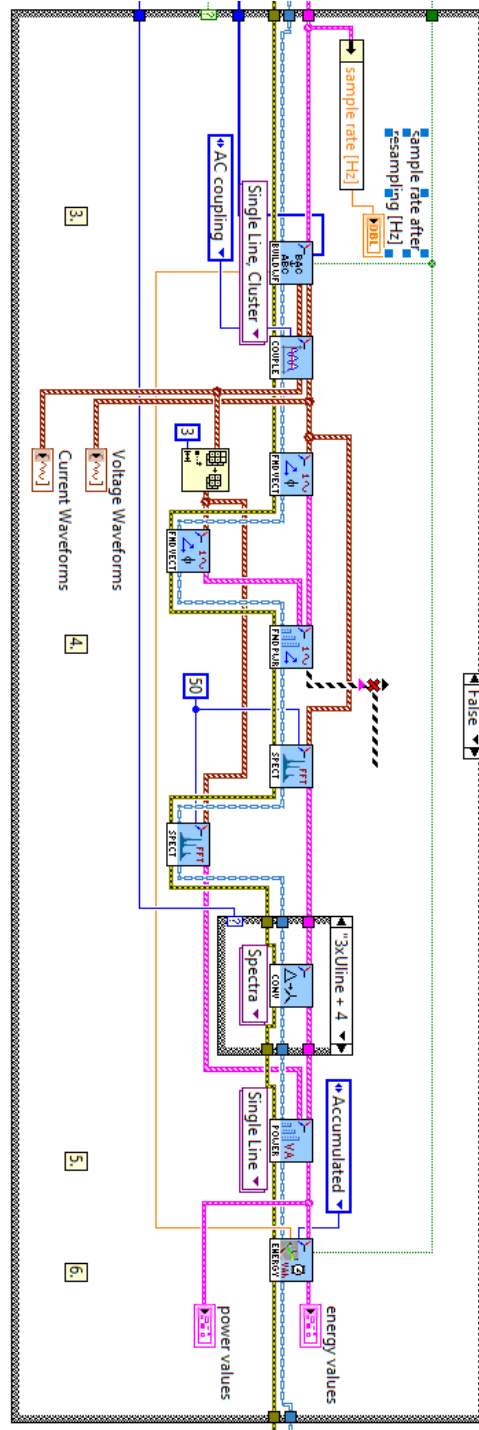
Lampiran 1. LabView Loop RMS dan Frekuensi



Lampiran 2. LabView Loop Harmonic V dan I



Lampiran 4. LabView Loop Daya dan Faktor Daya



Lampiran 5. Hasil Pengambilan Data

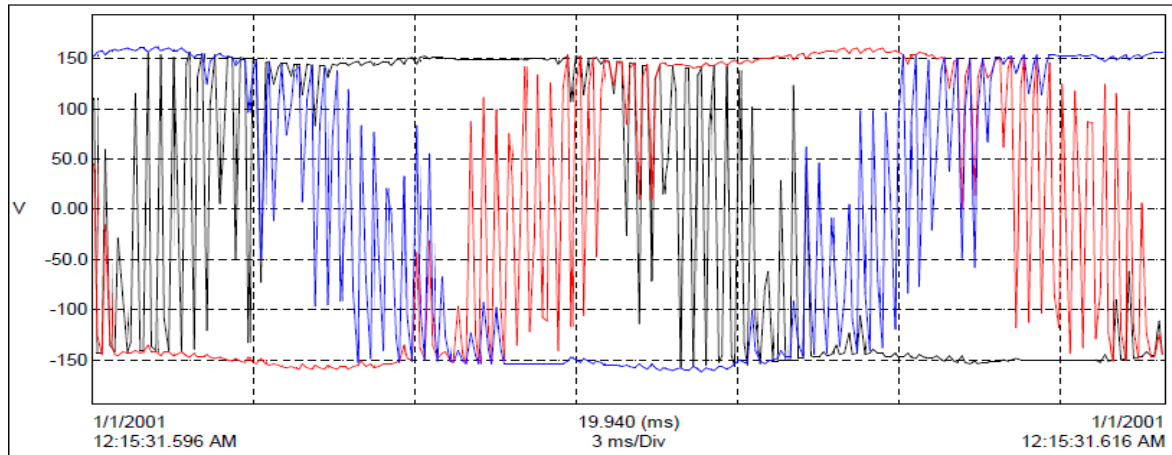
NO	Pengukuran Pada Frekuensi 50 Hz															
	Vrms(V)			Irms (A)			THDV(%)			THDI						
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	Cos Phi	P	Q	S
1	140,42	140,21	140,34	0,4	0,48	0,5	20,31	17,55	19,05	14,17	12,23	18,12	0,77	85,98537	69,23497	111,6693
2	140,21	140,12	140,15	0,42	0,47	0,49	18,24	17,33	19,01	14,1	12,22	18,42	0,77	85,88528	69,15438	111,5393
3	140,12	140,04	140,12	0,43	0,47	0,49	18,74	17,34	18,9	14,45	12,12	18,34	0,77	86,46649	69,62237	112,2941
4	140,29	140,34	140,46	0,43	0,47	0,49	17,52	17,54	18,88	14,56	12,21	18,34	0,77	86,63314	69,75655	112,5106
5	140,11	139,87	139,45	0,43	0,48	0,48	18,34	17,83	18,45	14,5	12,11	18,57	0,77	86,29162	69,48156	112,067
6	140,45	139,96	139,67	0,43	0,47	0,48	19,51	17,99	18,7	14,46	12	18,86	0,77	85,80358	69,0886	111,4332
7	140,54	139,45	139,48	0,43	0,47	0,47	19,43	17,76	18,5	14,34	12,98	18,87	0,77	85,05812	68,48836	110,4651
8	140,43	139,45	139,3	0,42	0,46	0,47	18,85	18,11	18,45	14,43	12,86	18,99	0,77	83,75845	67,44187	108,7772
9	141,34	138,31	139,13	0,42	0,47	0,45	20,12	18,34	18,43	14,23	12,89	18,63	0,77	83,05868	66,87842	107,8684
10	141,42	138,12	138,96	0,41	0,46	0,45	17,3	18,55	18,21	14,41	12,45	18,45	0,77	81,7643	65,83619	106,1874
11	141,42	138,3	138,43	0,42	0,46	0,43	17,34	18,78	18,11	14,31	12,67	18,12	0,77	81,07701	65,28279	105,2948
12	141,54	138,21	138,34	0,42	0,46	0,45	17,32	18,61	18,12	14,86	12,45	18,01	0,77	82,30301	66,26996	106,887
13	141,6	137,65	138,45	0,43	0,45	0,46	17,45	18,12	18	14,87	12,42	18,81	0,77	82,84448	66,70595	107,5902
14	141,65	137,45	138,45	0,42	0,45	0,46	18,43	17,34	18,21	14,78	12,12	18,34	0,77	82,19671	66,18437	106,749
15	141,78	137,45	138,23	0,43	0,45	0,47	19,35	17,76	18,34	14,87	12,45	18,88	0,77	83,41477	67,16514	108,3309
16	142,34	137,54	138,67	0,43	0,45	0,45	18,88	17,87	18,45	14,45	12,43	18,9	0,77	82,39357	66,34287	107,0046
17	142,45	137	138,45	0,43	0,45	0,46	18,48	18,67	18,45	14,32	12,42	18,99	0,77	82,88415	66,73789	107,6418
18	142,67	137,1	138,45	0,42	0,45	0,49	19,83	18,59	18,55	14,46	12,54	18,99	0,77	84,18564	67,78584	109,332
19	142,78	137,88	138,46	0,42	0,46	0,49	18,34	18,98	18,89	14,56	12,57	18,34	0,77	84,98715	68,43121	110,3729
20	142,98	137,32	138,45	0,42	0,46	0,48	19,12	18,45	18,9	14,57	12,57	18,43	0,77	84,29233	67,87174	109,4706
21	142,56	137,54	138,45	0,42	0,46	0,47	18,31	18,56	18,34	14,65	12,7	18,45	0,77	83,63257	67,34051	108,6137
22	142,34	137,45	138,67	0,42	0,47	0,49	18,24	18,43	18,55	14,67	12,68	18,56	0,77	85,47269	68,82216	111,0035
23	142,12	137,78	138,65	0,42	0,46	0,48	18,33	18,43	18,56	14,01	12,67	18,78	0,77	84,25207	67,83933	109,4183
24	141,98	137,54	138,54	0,42	0,46	0,47	18,42	17,87	18,98	14,21	12,64	18,78	0,77	83,53466	67,26167	108,4866
25	141,77	137,45	138,32	0,42	0,45	0,47	18,74	17,42	19,01	14,24	12,78	18,98	0,77	82,81275	66,6804	107,549
26	141,75	137,35	138,43	0,42	0,45	0,47	18,45	17,32	19	14,43	12,96	18,24	0,77	82,81077	66,6788	107,5464
27	141,64	137,12	138,31	0,43	0,46	0,48	18,34	17,87	18,78	14,34	12	18,45	0,77	84,57146	68,0965	109,8331
28	141,54	137,87	138,67	0,42	0,47	0,5	17,98	18	18,42	14,45	12,12	18,76	0,77	86,01387	69,25793	111,7063
29	141,32	137,01	138,78	0,42	0,46	0,5	18,02	18,11	18,23	14,54	12,23	18,89	0,77	85,19694	68,60014	110,6454
30	141,11	137	138,56	0,42	0,46	0,5	18,05	18,23	18,45	14,67	12,43	18	0,77	85,10707	68,52777	110,5287
31	141,17	137,24	138,87	0,42	0,45	0,5	18,09	18,34	18,74	14,73	12,11	18,06	0,77	84,61404	68,13079	109,8884
32	141,25	137,35	139,53	0,41	0,45	0,5	18,13	18,21	18,56	14,36	12,89	18	0,77	84,16752	67,77125	109,3085
33	141,35	137,46	139,45	0,42	0,44	0,5	17,78	18,11	18,31	14,34	12,46	18,88	0,77	84,19369	67,79232	109,3425
34	141,23	137,57	139,35	0,41	0,44	0,5	17,45	17,98	18,32	14,32	12,21	18,67	0,77	83,55264	67,27615	108,5099
35	141,54	137,68	139,65	0,42	0,44	0,49	17,67	17,56	18,67	14,12	12,21	18,98	0,77	83,69651	67,39199	108,6968
36	141,11	137,8	139,67	0,42	0,45	0,49	17,78	17,77	18,23	14,56	12,11	18,67	0,77	84,25811	67,84419	109,4261
37	141,07	137,92	139,86	0,43	0,46	0,48	17,5	17,98	18,48	14,53	12	18,56	0,77	84,9324	68,38713	110,3018
38	140,89	138,04	139,78	0,42	0,45	0,49	17,45	18,89	18,67	14,89	12,89	18,68	0,77	84,28428	67,86526	109,4601
39	140,83	138,16	139,88	0,41	0,46	0,49	17,1	18,76	18,9	14,98	12,9	18,87	0,77	84,31648	67,89119	109,5019
40	140,56	138,28	139,97	0,41	0,46	0,47	17,23	17,98	18,41	14	12,04	18,67	0,77	83,06463	66,88321	107,8761
41	140,45	138,39	140,07	0,4	0,45	0,48	17,87	17,87	18,65	14	13,21	18,45	0,77	82,46443	66,39993	107,0967
42	140,23	138,51	140,17	0,41	0,46	0,48	17,54	17,98	18,49	14,88	13,24	18,45	0,77	83,7045	67,39843	108,7071
43	140,21	138,63	140,27	0,42	0,47	0,47	18,74	17,89	18,47	14,56	13,35	18,67	0,77	84,36479	67,93009	109,5647
44	140,11	138,75	140,36	0,42	0,45	0,47	18,95	18,23	18,12	14,67	13,35	18,12	0,77	83,14595	66,94869	107,9818
45	139,85	139,87	140,46	0,42	0,47	0,49	18	18,11	18,56	14,83	13,46	18,45	0,77	85,82401	69,10504	111,4597
46	139,82	139,99	140,56	0,42	0,45	0,48	18,98	18,34	19,12	14,35	13,45	18,11	0,77	83,99623	67,63333	109,086
47	139,75	140,11	140,66	0,42	0,46	0,48	18,32	18,34	18,56	14,46	13,46	18,34	0,77	84,64862	68,15863	109,9333
48	139,73	140,22	140,75	0,42	0,45	0,5	18,54	18,56	18,35	14,53	13,68	18,11	0,77	85,30754	68,68918	110,789
49	139,54	139,34	140,85	0,42	0,45	0,47	18,65	18,34	18,65	14,35	13,67	18,06	0,77	83,2471	67,03013	108,1131
50	139,32	139,46	140,95	0,42	0,46	0,47	19,43	18,3	18,39	14,54	13,76	18	0,77	83,86835	67,53036	108,9199
std deviasi	0,92295	1,07498	0,84314	0,00714	0,00962	0,01637	0,7664	0,42704	0,27931	0,24456	0,50085	0,3193	2,2E-16	1,2863	1,03572	1,67052
rata - rata	141,094	138,333	139,359	0,4202	0,4582	0,4788	18,3396	18,1058	18,5514	14,4782	12,6474	18,5218	0,77	84,1268	67,7385	109,256

Pe+B2:R46ngukuran Pada Frekuensi 35 Hz																
NO	Vrms(V)			Irms (A)			THDV(%)			THDI			cos phi	P	Q	S
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T				
1	133,21	127	125,61	0,61	0,48	0,64	42,56	58,32	59,03	46,75	62,84	36,59	0,72	92,37765	79,54742	128,3023
2	133,12	127,23	125,21	0,58	0,48	0,64	42,4	58,1	59,12	46,56	62,74	36	0,72	90,71456	78,11531	125,9924
3	133,09	127,34	125,11	0,56	0,48	0,62	42,54	58,21	59,23	46,77	62,56	36,12	0,72	88,5755	76,27335	123,0215
4	132,98	127,45	125	0,55	0,45	0,63	42,78	58,37	59,54	46,54	62,56	36,23	0,72	86,94992	74,87355	120,7638
5	132,87	127,68	125,03	0,57	0,46	0,64	43,65	58,38	59,56	46,21	62,12	36,45	0,72	89,11833	76,74079	123,7755
6	132,73	127,87	125,13	0,57	0,48	0,64	42,56	58,48	58,31	46,12	62,33	36,56	0,72	90,2207	77,69005	125,3065
7	132,73	127,91	125,29	0,57	0,48	0,64	43,46	58,9	58,31	46,56	62,88	36,48	0,72	90,26748	77,73033	125,3715
8	132,34	127,9	125,17	0,56	0,48	0,64	42,12	58,78	58,84	46,67	62,2	36,45	0,72	89,61245	77,16628	124,4617
9	132,56	128,21	125,38	0,59	0,48	0,64	43,56	58,3	58,84	46,98	62,13	36,56	0,72	91,3878	78,69505	126,9275
10	132,46	128,31	125,39	0,58	0,6	0,63	42,56	58,99	58,58	46,98	62,24	36,45	0,72	96,73462	83,29926	134,3536
11	132,57	128,45	125,47	0,58	0,48	0,63	43,46	58,04	58,58	46,87	62,12	36,76	0,72	90,39847	77,84312	125,5534
12	132,54	128,61	125,63	0,58	0,49	0,61	43,67	58,84	58,83	46,56	62,13	36,41	0,72	89,93099	77,44058	124,9042
13	132,57	128,48	125,38	0,6	0,5	0,61	42,45	58,64	58,59	46,67	62,14	36,12	0,72	91,45407	78,75212	127,0195
14	132,67	128,91	125,67	0,62	0,5	0,61	43,21	58,84	58,29	46,67	62,98	36,35	0,72	92,72004	79,84226	128,7778
15	132,57	128,78	125,32	0,62	0,51	0,62	42,45	58,73	58,46	46,98	62,78	36,24	0,72	93,65147	80,64432	130,0715
16	132,57	128,71	125,19	0,61	0,51	0,62	43,44	58,38	58,83	46,03	62,67	36,25	0,72	93,06816	80,14203	129,2613
17	132,68	128,61	125,03	0,61	0,48	0,61	43,12	58,89	58,84	46	62,76	36,11	0,72	90,89337	78,26929	126,2408
18	132,76	128,38	124,87	0,61	0,49	0,63	42,21	58,67	58,34	46	62,56	36,27	0,72	92,42315	79,5866	128,3655
19	132,54	128,48	124,66	0,61	0,48	0,62	43,45	58,83	58,08	46,98	62,54	36,67	0,72	91,27657	78,59927	126,773
20	132,21	128,12	124,9	0,57	0,47	0,61	42,23	58,89	58,14	46,87	62,42	36,8	0,72	87,97112	75,75291	122,1821
21	132,12	128,1	125,04	0,57	0,49	0,62	43,88	58,1	59,89	46,87	62,34	36,45	0,72	89,57757	77,13624	124,4133
22	131,89	127,87	125,03	0,58	0,49	0,61	42,78	58,65	59,46	46,65	62,12	36,45	0,72	89,46829	77,04214	124,2615
23	131,87	127,67	125,17	0,57	0,49	0,61	43,65	58,67	59,63	46,92	62,34	36,46	0,72	88,91725	76,56763	123,4962
24	131,56	127,34	125,45	0,58	0,47	0,62	42,98	58,87	59,28	46,91	62,12	36,7	0,72	88,83405	76,49598	123,3806
25	131,54	127,12	125,57	0,54	0,46	0,63	43	58,88	59,33	46,85	62,58	36,65	0,72	86,67921	74,64043	120,3878
26	131,45	127,28	125,37	0,55	0,48	0,63	42,12	58,37	59,21	46,98	62,64	36,65	0,72	88,24467	75,98847	122,562
27	131,56	127,49	125,47	0,54	0,47	0,62	43,74	58,74	59,73	46,66	62,56	36,57	0,72	86,74464	74,69677	120,4787
28	131,67	127,38	125,83	0,54	0,49	0,62	42,92	58,98	59,18	46,72	62,56	36,66	0,72	87,8912	75,68409	122,0711
29	131,77	127,81	125,64	0,58	0,48	0,61	43,71	58,99	59,39	46,11	62,78	36,75	0,72	89,03513	76,66914	123,6599
30	131,56	127,76	125,71	0,58	0,47	0,62	42,48	58	59,88	46,52	62,76	36,12	0,72	88,99121	76,63132	123,5989
31	131,89	127,56	125,62	0,61	0,48	0,61	43,82	58,68	58,21	46,61	62,89	36,54	0,72	90,59927	78,01604	125,8323
32	132	127,32	125,34	0,63	0,63	0,62	42,38	58,98	58,56	46,1	62,65	36,21	0,72	100,0855	86,1847	139,0076
33	132,67	127,11	125,31	0,53	0,47	0,63	43,33	58,16	58,61	46,61	62,97	36,11	0,72	86,87322	74,8075	120,6573
34	132,45	127,04	125,04	0,54	0,48	0,63	42,42	58,76	58,78	46,14	62,67	36,45	0,72	87,81127	75,61526	121,9601
35	132,55	127,31	124,97	0,54	0,47	0,61	43,42	58,84	60	46,12	62,87	36,88	0,72	86,28196	74,29836	119,8361
36	132,46	127,89	125	0,54	0,48	0,62	42,92	58,74	59,89	46,17	62,12	36,07	0,72	87,4652	75,31726	121,4794
37	132,67	128	125	0,56	0,49	0,61	43,21	58,73	59,62	46,86	62,39	36,87	0,72	88,60537	76,29907	123,063
38	132,56	128,03	125,34	0,57	0,48	0,63	42,47	58,73	59,78	46,78	62,4	36,86	0,72	89,73336	77,27039	124,6297
39	132,56	128,24	124,56	0,54	0,46	0,62	43,51	58,85	59,38	46,88	62,67	36,78	0,72	86,40079	74,40068	120,0011
40	132,89	128,37	125,78	0,53	0,46	0,61	42,29	58,84	59,09	46,61	62,76	36,47	0,72	85,70614	73,80251	119,0363
41	133,05	128,12	125,98	0,53	0,48	0,63	42,61	58,84	59,87	46,54	62,78	36,43	0,72	87,87376	75,66907	122,0469
42	133,05	128,03	125,65	0,53	0,49	0,63	42,56	58,58	59,83	46,33	62,76	36,41	0,72	88,31366	76,04788	122,6579
43	132,43	127,89	125,31	0,53	0,48	0,63	42,42	58,57	59,4	46,87	62,5	36,45	0,72	87,52875	75,37198	121,5677
44	132,89	127,59	125,74	0,53	0,48	0,63	42,12	58,88	59,27	46,44	62,45	36,12	0,72	87,66267	75,4873	121,7537
45	132,67	127,48	125,83	0,56	0,49	0,62	42,71	58,94	58,67	46,99	62,34	36,13	0,72	89,21079	76,8204	123,9039
46	132,65	127,39	125,29	0,57	0,5	0,63	42,91	58,47	58,83	46	62,21	36,45	0,72	90,66044	78,06871	125,9173
47	132,44	127,31	125,38	0,58	0,48	0,62	42,27	58,78	58,38	46,76	62,46	36,98	0,72	89,54735	77,11022	124,3713
48	132,31	127,43	125,38	0,6	0,45	0,61	42,12	58,84	58,45	46,81	62,67	36,4	0,72	88,47901	76,19026	122,8875
49	132,11	127,12	125,71	0,6	0,46	0,62	42,98	58,9	58,45	46,12	62,12	36,35	0,72	89,50317	77,07217	124,31
50	132	127,31	125,8	0,6	0,48	0,61	42,67	58,48	58,43	46,84	61	36,12	0,72	90,07569	77,56518	125,1051
std devias	0,4646	0,51437	0,31961	0,02857	0,02991	0,01031	0,5401	0,27731	0,5587	0,32156	0,33907	0,2476	0,72	0,012364	0,010647	0,017172
rata - rata	132,421	127,816	125,335	0,572	0,4852	0,6228	42,8856	58,6484	59,0164	46,5908	62,4836	36,4482	0,72	89,65012	77,19871	124,5141

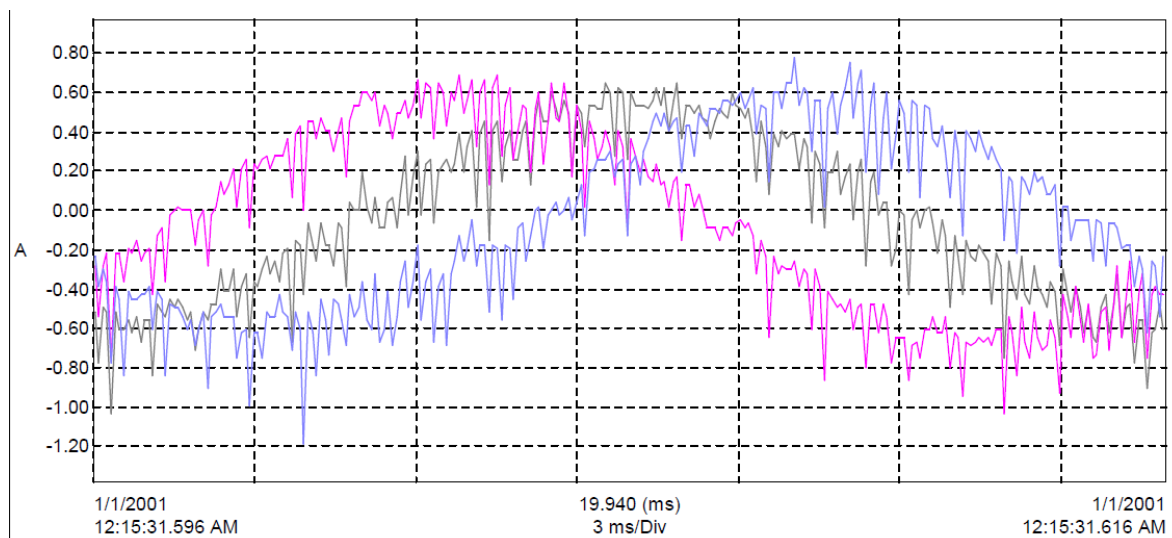
Lampiran 6. Hasil Run Power Analyzer AEMC 3945

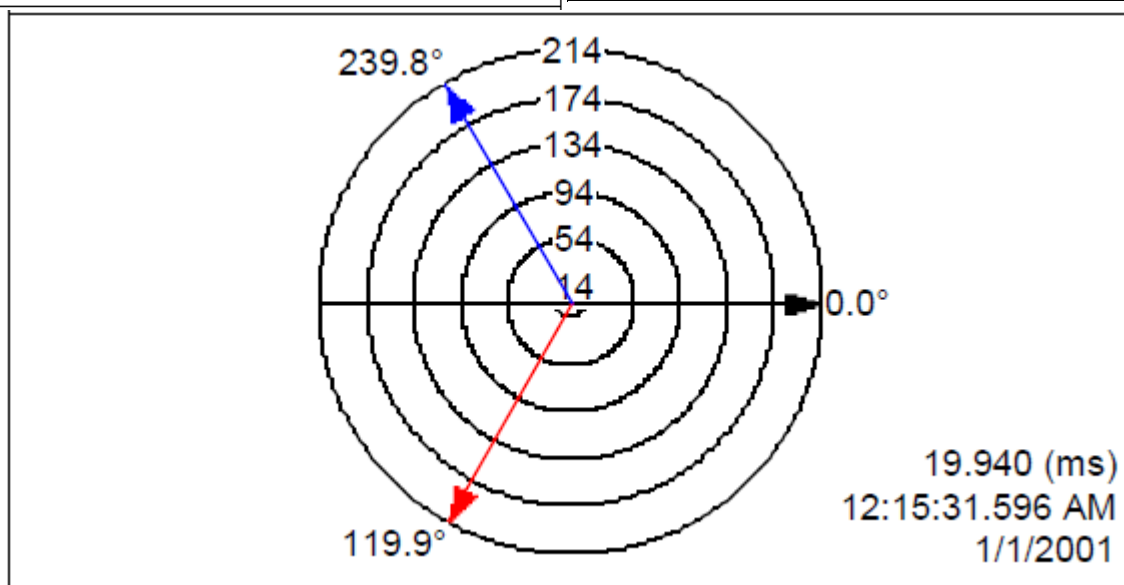
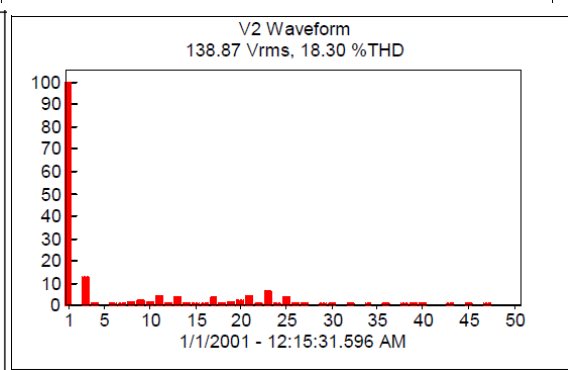
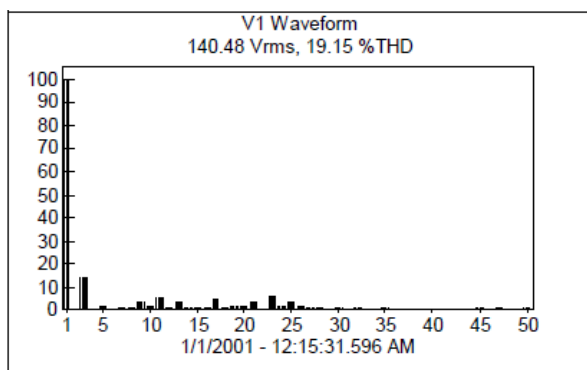
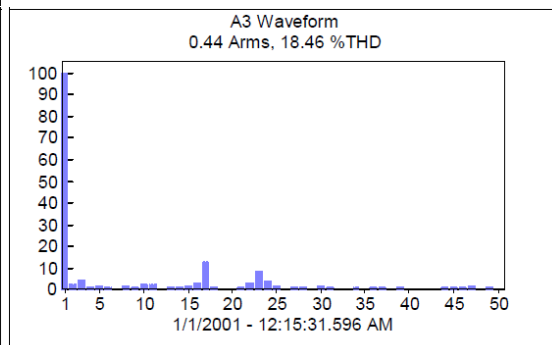
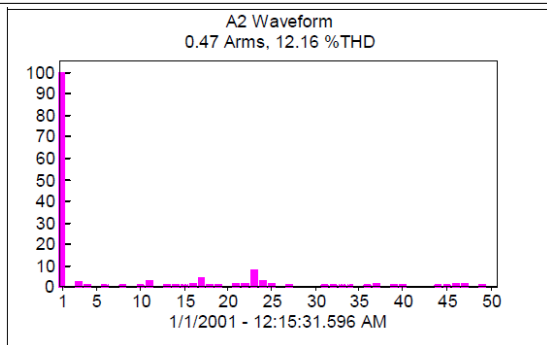
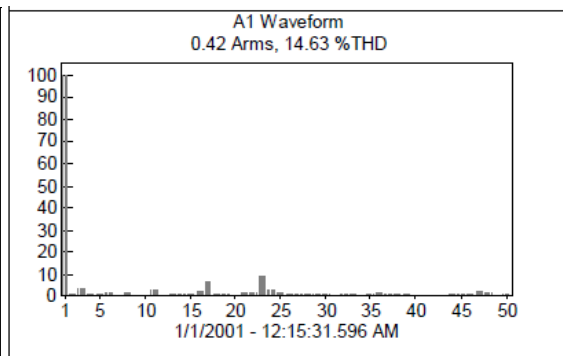
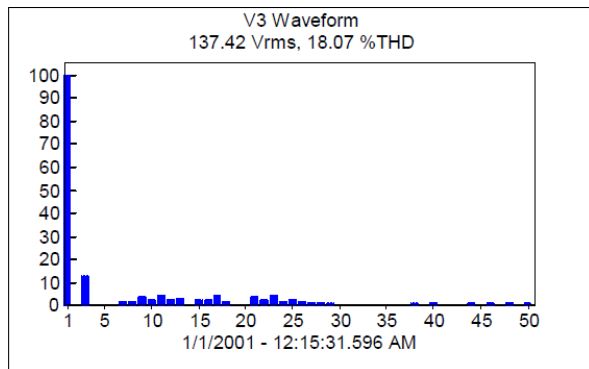
Frekuensi 50 Hz

Name	Date	Time	AVG	Units
V1 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	140.5	V
V2 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	138.9	V
V3 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	137.4	V



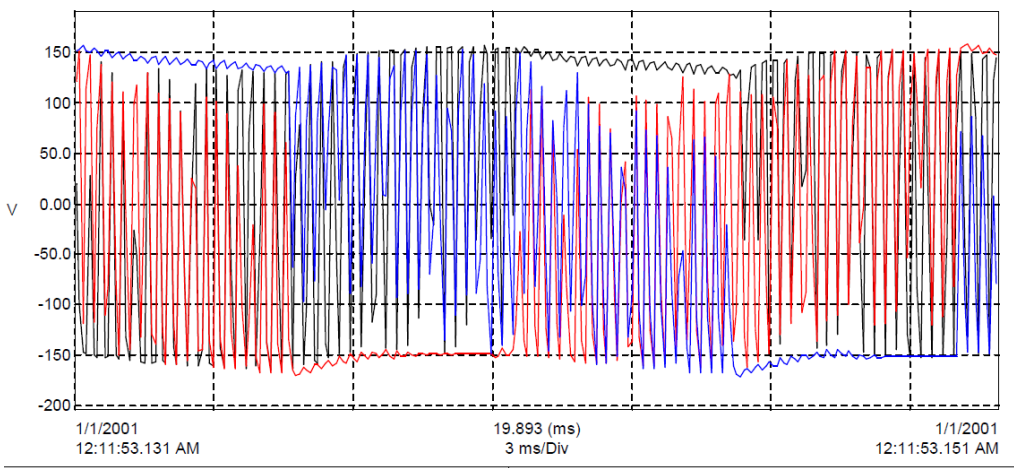
Name	Date	Time	AVG	Units
A1 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	419m	A
A2 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	466m	A
A3 Waveform	1/1/2001	12:15:31.596 AM	445m	A





Frekuensi 35 Hz

Name	Date	Time	AVG	Units
V1 Waveform	1/1/2001	12:11:53.131 AM	133.7	V
V2 Waveform	1/1/2001	12:11:53.131 AM	130.8	V
V3 Waveform	1/1/2001	12:11:53.131 AM	127.9	V



Name	Date	Time	AVG	Units
A1 Waveform	1/1/2001	12:06:55.153 AM	500m	A
A2 Waveform	1/1/2001	12:06:55.153 AM	457m	A
A3 Waveform	1/1/2001	12:06:55.153 AM	573m	A

