

**AUDIT ENERGI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH MUNTILAN  
KABUPATEN MAGELANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 (S-1) Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:  
Salman AL-Farisi  
(20150120092)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA 2019**

**AUDIT ENERGI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH MUNTILAN  
KABUPATEN MAGELANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 (S-1) Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:  
Salman AL-Farisi  
(20150120092)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN I**

**AUDIT ENERGI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH  
MUNTILAN KABUPATEN MAGELANG**

Disusun Oleh:

**SALMAN AL-FARISI**

**20150120092**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S-1 Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Pada Bulan:

**13 Februari 2019 – 13 Juni 2019**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Agus Jamal, M.Eng.  
NIK. 19660829199502123020

Ing. Faaris Mujaahid, M.Sc.  
NIK. 19870718201704123101

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.  
NIK. 197410102010101230

**LEMBAR PENGESAHAN II**

**AUDIT ENERGI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH  
MUNTILAN KABUPATEN MAGELANG**

**Disusun oleh:**

**SALMAN AL-FARISI**

**20150120092**

Telah Dipertahankan dan Disahkan Didepan Tim Penguji  
Pada Tanggal 23 Juli 2019

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Agus Jamal, M.Eng.  
NIK. 19660829199502123020

Ing. Faaris Mujaahid, M.Sc.  
NIK. 19870718201704123101

Penguji,

Kunnu Purwanto, S.T., M. Eng.  
NIK. 19830919201710123103

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar sarjana Teknik

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.  
NIK. 19741010201010123056

## **SURAT PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Salman Al-Farisi

NIM: 20150120092

Program Studi: Teknik Elektro

Universitas: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Judul Skripsi: Audit Energi Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan  
Kabupaten Magelang

Dengan ini saya, menyatakan bahwa telah menyelesaikan tugas akhir yang merupakan hasil karya tulis tanpa disertai plagiarisme dari hasil karya tulis orang lain kecuali yang saya gubah dan saya cuplik dan disertakan didalam daftar pustaka guna membantu dalam penulisan tugas akhir. Apabila pernyataan ini tidak benar dan menyatakan terdapat plagiarisme, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku

Yogyakarta, 23 Juli 2019

Salman Al-Farisi

## **MOTTO**

“Bangun Pagi, Bangun Generasi.  
Bangun Negeri Menuju Ridho Ilahi”

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proses penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik dan lancar tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan dalam diam dan selalu menasehati dalam kebaikan dan kebenaran.
2. Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, M.P.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D.
4. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.
5. Dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, pikiran dan tenaganya dalam membantu penulisan skripsi saya. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya dan penghormatan setinggi-tingginya saya tujukan kepada Ir. Agus Jamal, M.Eng. dan Ing. Faaris Mujahid, M.Sc.
6. Dosen penguji skripsi, Kunnu Purwanto, S.T., M. Eng.
7. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh masa studi.
8. Keluarga Besar Moestam yang memberi dorongan mental.
9. Yusup Ady Saputra sebagai dosen pembimbing 3.
10. Aulia Rahma sebagai penyemangat selama proses berjuang selama kuliah.
11. Staff administrasi dan tata usaha Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
12. Teman-teman Teknik Elektro 2015 terkhusus kelas B yang telah menemani dan menghibur selama masa kuliah.
13. Keluarga besar KAMMI Komisariat Universitas Muhammadiyah sebagai tempat pengembangan diri yang sangat baik.
14. Teman-teman Partai Jas Merah UMY.

15. Teman-teman Jamaah Al-Anhar.
16. Teman-teman KKN 086 UMY teman hidup selama satu bulan.
17. Teman-teman FKAPMEPI.
18. Dan semua pihak yang telah mendoakan dan membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu.



## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu'alaikum, Wr. Wb*

Segala rahmat dan karunia selalu tercurah kepada Tuhan semesta alam Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, Islam dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “AUDIT ENERGI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH MUNTILAN”. Sholawat serta salam semoga selalu terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu dinantikan syafaatnya oleh seluruh umatnya dihari akhir nanti. *Aamiin Ya Rabbal Alamin*

Adapun penyusunan Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi kewajiban sebagai mahasiswa program sarjana dan juga sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Hasil karya ilmiah ini sangatlah jauh dari kata sempurna dan berterima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan sehingga Skripsi ini terselesaikan. Oleh karena itu , ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ir. Agus Jamal, M.Eng., dan Ing. Faaris Mujahid, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi arahan, masukan yang membangun dan berkontribusi sangat banyak dalam penyusunan Skripsi ini. Semoga semua ilmu yang diberikan bermanfaat untuk dunia akhirat. *Aamiin Ya Rabbal Alamin*

Agar Skripsi ini memberi manfaat, maka masukan, kritik dan saran sangat diperlukan untuk menyempurnakan Skripsi ini yang pada akhirnya Skripsi ini pula yang nantinya dapat digunakan sebagaimana mestinya.

*Walaikumsalam Wr Wb*

Yogyakarta, 23 Juli 2019

Salman AL-Farisi

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Metode Penelitian.....	3
Metode Studi Pustaka (Study Research).....	3
Metode Observasi .....	3
Penyusunan Tugas Akhir .....	4
1.7    Sistematika Penulisan Laporan .....	4
1.8    PENUTUP .....	5

<b>BAB II .....</b>	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Audit Kualitas Daya Listrik .....	7
2.2.1 Audit Energi .....	7
2.3 Analisa Tekno Ekonomi .....	9
2.3.1 Pengerian Investasi Proyek.....	9
2.3.2 Studi Kelayakan Investasi Proyek .....	10
2.3.3 Kriteria Kelayakan Investasi .....	10
2.4 Intensitas Konsumsi Energi .....	14
2.5 Kualitas Daya Listrik ( <i>Power Quality</i> ) .....	15
2.5.1 Arus .....	16
2.5.2 Tegangan .....	17
2.5.3 Frekuensi .....	17
2.6 Faktor Daya Listrik .....	18
2.6.1 Daya Nyata (P) .....	18
2.6.2 Daya Semu (S).....	19
2.6.3 Daya Reaktif (VAR).....	19
2.7 Harmonisa .....	21
2.7.1 Macam-macam Harmonik .....	22
2.7.2 <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) .....	24
2.7.3 Batas Standar Harmonik.....	24
2.7.4 Sumber-sumber Harmonik .....	27
2.8 <i>Passive Filter</i> .....	27
2.9 Ketidakseimbangan Beban .....	32

2.9.1 Akibat Ketidakseimbangan Beban .....	33
2.9.2 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban.....	34
<b>BAB III.....</b>	<b>35</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Tempat Penelitian .....	35
3.2 Waktu Pelaksanaan .....	36
3.3 Alat dan Bahan.....	36
3.4 Langkah-langkah Penelitian Tugas Akhir .....	36
.....	37
.....	37
3.5 Proses Pengambilan Data.....	39
3.6 Jadwal Penelitian .....	41
<b>BAB IV .....</b>	<b>42</b>
<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Kualitas Daya Listrik ( <i>Power Quality</i> ) .....	42
4.1.1 Frekuensi [Hz] .....	45
4.1.2 Tegangan.....	47
4.1.3 Arus.....	49
4.1.4 Total Harmonic Distortion Tegangan .....	51
4.1.5 Total Harmonic Distortion Arus .....	53
4.1.6 Faktor Daya Listrik .....	55
4.1.7 Daya Nyata (P).....	57
4.1.8 Daya Semu (S) .....	59
4.1.9 Daya Reaktif (VAR) .....	60
4.1.10 <i>Unbalanced Voltage/</i> Ketidakseimbangan Tegangan.....	62

4.1.11 <i>Unbalanced Current</i> /Ketidakseimbangan Arus.....	64
4.3 Mencari <i>Power Losses</i> Akibat Harmonisa dan Ketidakseimbangan beban.	69
4.3.1 Besar Ukuran Hambatan pada Pengantar .....	69
4.3.2 Nilai Ordo Harmonisa pada Panel LVMDP .....	70
4.3.3 Mencari <i>Power Losses</i> pada tiap fasa (R,S,T) dan Netral .....	71
4.3.4 Perhitungan Besar Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa.....	74
4.3.5 Perbaikan Harmonisa Dengan <i>Filter Passive Single Tuned</i> .....	76
4.4 Analisis Tekno Ekonomi Pemasangan <i>Passive Filter</i> .....	85
4.4.1 Estimasi Biaya .....	86
4.4.2 Studi Kelayakan Investasi.....	89
<b>BAB V.....</b>	<b>92</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>92</b>
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran .....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>94</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>97</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gelombang Sinus .....	17
Gambar 2. 2 Segitiga Daya .....	20
Gambar 2. 3 Gelombang frekuensi ideal, real dan harmonik .....	21
Gambar 2. 4 Gelombang terdistorsi 50 Hz ke 150 Hz .....	21
Gambar 2. 5 Macam-macam beban non-linier.....	27
Gambar 2. 6 <i>Passive Filter</i> .....	28
Gambar 2. 7 Rangkaian R-L-C .....	29
Gambar 2. 8 Vektor Impedansi .....	29
Gambar 2. 9 Pemodelan <i>Passive Filter Single Tuned</i> .....	30
Gambar 2. 10 Pemodelan <i>Passive Filter Single Tuned</i> .....	32
Gambar 2. 11 Vektor arus dalam keadaan seimbang.....	32
Gambar 2. 12 Vektor arus dalam keadaan tidak seimbang.....	33
Gambar 3. 1 Lokasi Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.....	35
Gambar 3. 2 Diagram alir Penelitian Tugas Akhir .....	37
Gambar 3. 3 <i>Power Quality and Energy Analyzer</i> METREL MI 2892 .....	39
Gambar 4. 1 Pola beban pada RSUD Muntilan .....	42
Gambar 4. 2 Grafik Frekuensi panel LVMDP pada hari kerja .....	46
Gambar 4. 3 Grafik tegangan Pada panel LVMDP .....	48
Gambar 4. 4 Grafik arus pada panel LVMDP pada hari kerja.....	50
Gambar 4. 5 Grafik <i>Total Harmonic Distortion</i> tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja.....	52
Gambar 4. 6 Grafik <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) arus pada panel LVMDP pada hari kerja.....	54
Gambar 4. 7 Grafik faktor daya listrik pada panel LVMDP pada hari kerja .....	56
Gambar 4. 8 Grafik daya nyata pada panel LVMDP pada hari kerja .....	58
Gambar 4. 9 Grafik daya semu pada panel LVMDP pada hari kerja .....	60
Gambar 4. 10 Grafik daya reaktif pada LVMDP pada hari kerja .....	62

Gambar 4. 11 <i>Unbalanced Voltage/</i> Ketidak seimbangan tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja .....	64
Gambar 4. 12 Grafik <i>Unbalanced Current/</i> Ketidakseimbangan Arus pada panel LVMDP pada hari kerja .....	66
Gambar 4. 13 Tabel Karakteristik Kabel Penghantar .....	69
Gambar 4. 14 Gambar <i>Passive Filter</i> .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Polaritas Orde Harmonik .....	23
Tabel 2. 2 Akibat polaritas komponen harmonik.....	23
Tabel 2. 3 Batas <i>Total Harmonic Distortion</i> Tegangan.....	25
Tabel 2. 4 Batas <i>Total Harmonic Distortion</i> arus .....	25
Tabel 4. 1 Frekuensi panel LVMDP pada saat hari kerja .....	45
Tabel 4. 2 Tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja.....	47
Tabel 4. 3 Arus pada panel LVMDP pada hari kerja.....	49
Tabel 4. 4 <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) Tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja.....	51
Tabel 4. 5 <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) Arus pada panel LVMDP pada hari kerja.....	53
Tabel 4. 6 Faktor Daya pada panel LVMDP pada hari kerja.....	55
Tabel 4. 7 Daya nyata pada panel LVMDP pada hari kerja.....	57
Tabel 4. 8 Daya semu pada panel LVMDP pada hari kerja.....	59
Tabel 4. 9 Daya reaktif pada panel LVMDP pada hari kerja.....	61
Tabel 4. 10 <i>Unbalanced Voltage</i> pada panel LVMDP pada hari kerja.....	62
Tabel 4. 11 <i>Unbalanced Current/</i> Arus pada panel LVMDP pada hari kerja.....	64
Tabel 4. 12 Nilai minimal dari hasil pengukuran pada panel LVMDP .....	66
Tabel 4. 13 Nilai maksimal dari hasil pengukuran pada panel LVMDP .....	68
Tabel 4. 14 Nilai Ordo Harmonisa .....	70
Tabel 4. 15 Nilai Total <i>Power Losses</i> akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa. ....	74
Tabel 4. 16 Besar Biaya Kerugian Akibat <i>Power Losses</i> .....	75
Tabel 4. 17 Tabel Harmonisa Orde ke 3 .....	76
Tabel 4. 18 Tabel Harmonisa Orde ke 5 .....	77
Tabel 4. 19 Tabel Harmonisa Orde ke 7 .....	78
Tabel 4. 20 Tabel Harmonisa Orde ke 9 .....	79
Tabel 4. 21 Tabel Harmonisa Orde ke 11 .....	80



Tabel 4. 22 Tabel Harmonisa Orde 3 .....	81
Tabel 4. 23 Tabel Harmonisa Orde ke 5 .....	82
Tabel 4. 24 Tabel Harmonisa Orde ke 7 .....	82
Tabel 4. 25 Tabel Harmonisa Orde ke 9 .....	82
Tabel 4. 26 Spesifikasi Filter Pasif Single Tuned untuk Orde ke-3.....	84
Tabel 4. 27 Spesifikasi Alat .....	85
Tabel 4. 28 Nilai Net Cash Flow ( $Qt-Ct$ ).....	88
Tabel 4. 29 Nilai Net Present Value (NPV) .....	90

## INTISARI

Rumah Sakit merupakan tempat layanan kesehatan yang mempunyai konsumsi listrik yang cukup besar disamping itu konsumsi listrik berbanding lurus dengan biaya pemakaian listrik tersebut, sehingga perlu diadakan kegiatan untuk mengefisiensikan dan mengefektifkan oleh sebab itu perlu adanya kegiatan penelitian yang disebut audit energi. Hal tersebut dilihat dari kualitas daya yang ada pada beban dan dilihat melalui analisa tekno ekonomi yang digunakan

Metode penelitian ini menggunakan pengambilan data melalui pengukuran dengan alat ukur kualitas daya yang disebut *Power Quality and Energy Analyzer* METREL MI 2892. Pengukuran ini dilakukan pada panel *Low Voltage Main Distribution Panel* dihari kerja dengan interval setiap 1 jam selama 24 jam. Pengukuran pada penelitian ini meliputi parameter Frekuensi (Hz), Tegangan (*Volt*), Arus (*Ampere*), *Total Harmonic Distortion* (THD) Tegangan (%), *Total Harmonic Distortion* (THD) Arus (%), Daya Nyata (kW), Daya Semu (kVA), Daya Reaktif (kVAR), Faktor Daya, *Unbalanced Voltage* (%), dan *Unbalanced Current* (%), dan analisa tekno ekonomi yang dilihat dari *Cash Flow*, *Cash Outflow*, *Net Cash Flow*, *Present Worth Value*, dan *Net Present Value*.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terjadi masalah pada Arus minimal dan maksimal yang tidak seimbang yaitu adanya arus pada fase netral, *Total Harmonic Tegangan* (THD) Tegangan minimal dan maksimal yang melebihi batas standar yang ditentukan oleh IEEE 519-1992, *Total Harmonic Distortion* (THD) Arus maksimal yang melebihi batas standar yang ditentukan oleh IEEE 519-1992, dan *Unbalanced Voltage* maksimal melebihi batas yang ditentukan oleh ANSI C84,1-1995. Sehingga masalah tersebut perlu penanganan dengan memasang *Passive Filter Single Tuned* dengan rencana investasi selama 10 tahun. Hasil investasi dilihat dari segi tekno ekonomi belum dapat dikatakan layak karena *Net Present Value* belum mencapai lebih dari 1, sehingga investasi tidak layak untuk dilanjutkan.

**Kata Kunci:** Audit Energi, Frekuesni, Harmonisa, Daya Listrik, Tegangan, Arus, Unbalanced, Tekno Ekonomi

## ABSTRACT

Hospital is a health service facility that has a fairly large electricity consumption besides that electricity consumption is directly proportional to the cost of electricity usage, so it is necessary to conduct activities to make it efficient and effective because of the need for research activities called energy audits. This is seen from the quality of the power that is at the load and seen through the techno-economic analysis used

This research method uses data retrieval through measurement with a power quality measuring instrument called Power Quality and Energy Analyzer METREL MI 2892. This measurement is carried out on the Low Voltage Main Distribution Panel panel on the day of work at intervals every 1 hour for 24 hours. Measurements in this study include the parameters Frequency (Hz), Voltage (Volt), Flow (Ampere), Total Harmonic Distortion (THD) Voltage (%), Total Harmonic Distortion (THD) Flow (%), Real Power (kW), Power Pseudo (kVA), Reactive Power (kVAR), Power Factor, Unbalanced Voltage (%), and Unbalanced Current (%), and techno-economic analysis seen from Cash Flow, Cash Outflow, Net Cash Flow, Present Worth Value, and Net Present Value.

The measurement results show that there are problems with unbalanced minimum and maximum currents that there are current flow in netral phase , Total Harmonic Voltage (THD) Minimum and maximum voltage that exceeds the standard limits specified by IEEE 519-1992, Total Harmonic Distortion (THD) Maximum current that exceeds the standard limit determined by IEEE 519-1992, and Unbalanced Voltage maximally exceeds the limit specified by ANSI C84,1-1995. So that the problem needs to be handled by installing a Passive Filter Single Tuned with an investment plan of 10 years. Investment results seen in terms of techno-economics cannot be said to be feasible because the Net Present Value has not reached more than 1, so the investment is not feasible to continue.

**Keywords: Energy Audit, Frequency, Harmonics, Electric Power, Voltage, Flow, Unbalanced, Economic Techno**



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik adalah suatu kebutuhan primer untuk setiap individu, kelompok maupun masyarakat luas, energi listrik yang setiap hari juga digunakan sangat besar dalam penggunaannya. Kebutuhan energi listrik juga tidak bisa dianggap remeh, setiap orang bahkan lupa sedang menggunakan energi listrik atau bahkan sedang membuang energi listrik yang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan lain yang lebih berguna.

Sumber Daya Alam Indonesia yang terbatas mengharuskan pengguna energi listrik untuk bersikap lebih bijak dalam pemanfaatannya. Dalam hal ini yaitu energi listrik yang semua orang dapat merasakan manfaatnya kadang lupa bahwa energi listrik tersebut juga perlu adanya penghematan dalam penggunaan dan pemanfaatannya, terlebih pada objek-objek besar yang melayani masyarakat luas. Seperti gedung perkantoran, rumah sakit, pabrik dan lain sebagainya.

Rumah Sakit adalah salah tempat pelayanan kesehatan yang termasuk didalam golongan sektor publik yang berlangganan tarif dengan golongan sosial s-3 yaitu golongan yang mendapat suplai dari PLN Tegangan Menengah diatas 200 kVA.. Oleh karena itu memiliki trafo *step down* untuk menurunkan menjadi tegangan rendah yaitu *line to line* 380V, *line to netral* 220V.

Dengan penggunaan energi listrik sebesar itu pasti juga membutuhkan biaya yang besar juga oleh karena itu diperlukannya sebuah cara untuk melakukan konversi energi dengan analisa yang mendalam, yang bertujuan untuk mengefektifkan dan efisienkan energi yang memang dibutuhkan oleh rumah sakit tersebut. Hal ini dilandasi oleh Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 13 tahun 2012. Salah satu cara tersebut adalah audit energi.

Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan adalah salah satu rumah sakit besar di Kabupaten Magelang. Sehingga beban kerja Rumah Sakit Umum Daerah

Muntilan cukup besar karena harus diimbangi dengan alat-alat listrik berdaya listrik besar pula, sehingga membutuhkan *supply* pasokan energi listrik yang besar. Lebih dari itu pemakaian alat berdaya besar akan mempengaruhi kinerja energi listrik yang disediakan yang dapat mempengaruhi biaya kelistrikan tersebut.

Sehingga perlunya energi dalam skala sebesar rumah sakit yang membutuhkan supply besar dan biaya yang besar pula. Audit energi adalah Gabungan antara pengumpulan data, analisa data dan definisi kegiatan konservasi (Kementrian Perindustrian,2011). Sedangkan audit energi ini bertujuan untuk memahami masalah penggunaan energi serta intensitas, kinerja energi, potensi penghematan energi, manfaat setelah melakukannya dan metode yang diperlukan untuk penghematan energi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari Penjabaran latar belakang di atas, didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pola beban pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan?
2. Bagaimana metode mengfektif dan mengfiensikan energi yang dilakukan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Supaya penyusunan tugas akhir ini lebih terarah serta terfokus pada suatu tujuan permasalahan yang disinggung, maka batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Memahami pola beban pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.
2. Menganalisa penghematan dan konversi energi pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan pelaksanaan proyek tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penggambaran pola beban pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.
2. Mengefektifitas dan mengefesiensikan energi yang digunakan pada Rumah sakit Umum Daerah Muntilan.
3. Menganalisis apakah hasil pengukuran di Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan masih masuk dalam toleransi, mengacu pada standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat dari penelitian yang dilakukan, diantaranya adalah :

1. Dapat mengetahui pola beban yang ada pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.
2. Dapat mengetahui potensi penghematan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.
3. Dapat mejadi referensi untuk melakukan inventasi pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.

#### **1.6 Metode Penelitian**

Dalam melakukan penelitian ini, akan dilakukan beberapa metode, yaitu :

##### **Metode Studi Pustaka (Study Research)**

Metode *Study Research* yaitu cara untuk mengumpulkan data atau tulisan dengan cara mencari sumber-sumber pustaka ataupun buku dari berbagai perpustakaan yang ada dan berguna sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir.

##### **Metode Observasi**

Metode observasi adalah suatu cara untuk mengumpulkan data pengamatan secara langsung kepada suatu objek yang akan diteliti. Untuk itu penyusun akan

langsung meneliti ke tempat yang bersangkutan guna melengkapi data yang diperlukan.

### **Penyusunan Tugas Akhir**

Setelah di dapatkan data-data yang diperlukan, data-data tersebut akan dianalisis dan disusun dalam sebuah laporan tertulis.

### **1.7 Sistematika Penulisan Laporan**

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, susunannya terdiri dari lima bab yang masing- masing bab-nya akan menjelaskan sebagai berikut :

#### **I. PENDAHULUAN**

Pada BAB I mendeskripsikan mengenai latar belakang suatu masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika dalam penulisan laporan pengerjaan proyek tugas akhir.

#### **II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada BAB II mendeskripsikan tentang uraian kajian pustaka sebelumnya serta landasan teori, dimana teori yang digunakan merupakan penunjang pelaksanaan proyek tugas akhir. Mulai dari pembahasan mengenai pola beban, serta komponen lainnya yang akan dibahas dan digunakan dalam proyek tugas akhir ini.

#### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Pada BAB III mendeskripsikan tentang seluruh tahapan yang akan dilalui dalam pelaksanaan proyek tugas akhir ini. Dimulai dari objek penelitian, bahan dan alat penelitian, dan diagram alur penelitian.



#### **IV. ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN**

Pada BAB IV mendeskripsikan tentang hasil penelitian, analisis dari hasil penelitian dan pembahasan tentang kendala apa saja yang terjadi pada saat penelitian dilaksanakan. Pada bab ini juga akan mengetahui segala kelebihan dan kekurangan apa yang sudah dilakukan peneliti terhadap hasil yang sedang diteliti.

##### **1.8 PENUTUP**

Pada BAB V mendeskripsikan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir yang dilakukan pada bab sebelumnya serta saran untuk adanya perubahan pengembangan penelitian yang dapat dilakukan di kemudian hari

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Berikut ini merupakan beberapa referensi dari penelitian analisis Audit Energi pada Gedung Layanan Kesehatan, yang menjadi sumber dalam Tugas Akhir ini ada beberapa referensi yang digunakan yaitu :

Djodi Antono, Adi Wasono, Lukas Joko Dwi Atmanto (2015) melakukan penelitian terhadap harmonik arus dan tegangan pada jaringan listrik akibat pembebanan Air Conditioning (AC) inverter tiga fasa. Hasil yang diperoleh dari pengukuran dengan pebebanan AC inverter tiga fasa 6HP jenis VRV. diperoleh nilai THD arus sebesar 75,5 % sedangkan THD tegangan 4,7%.

Azhar Zahar Makmur (2012) melakukan penelitian terhadap Pembebanan Genset Di Kampus UMY. Hasil yang diperoleh yaitu wilayah B dengan beban puncak 473,29 KVA dan kapasitas genset sebesar 700 KVA mampu mencukupi apabila terjadi *off grid*. Wilayah Pasca dengan beban puncak 284,688 KVA dan kapasitas genset sebesar 680 KVA maka mampu mencukupi apabila terjadi *off grid*. Wilayah utara dengan beban puncak 595,531 KVA dan kapasitas genset 500 KVA maka tidak mampu untuk mencukupi apabila terjadi *off grid* pada saat beban puncak.

Syauqil Al Ghifari (2011) melakukan penelitian Audit energi listrik Di Rumah Sakit. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa THD tegangan pada fasa R,S, dan T masih dalam kondisi bagus yaitu dibawah 5%. THD arus pada panel MDP masih dalam keadaan baik karena dibawah standar IEEE No. 519-1992 yaitu sebesar 15%.

## **2.2 Audit Kualitas Daya Listrik**

### **2.2.1 Audit Energi**

Sebelum masuk kedalam audit kualitas energi listrik alangkah lebih baiknya apabila mengetahui apa itu audit energi terlebih dahulu. Adapula audit energi tidak dapat dilepaskan dengan konversi energi, audit energi yaitu mekanisme analisa peluang untuk mengefisiensikan dan mengefektifkan pengguna energi dari hulu ke hilir serta bertujuan untuk mengoptimalkan pemakaian energi serta menjadi rujukan untuk melakukan investasi energi. Audit energi juga diartikan proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. (SNI 6196:2011).

Sedangkan konversi energi adalah kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan untuk menunjang pembangunan (Keppres No.43 tahun 1991). Ada juga arti konversi energi yang lain yaitu adalah upaya sistematis terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya (UU energi 2007). Sehingga efisiensi energi adalah cara membandingkan antara energi yang terpasok (input) dengan energi yang dimanfaatkan (output).

Dari kedua hal tersebut hubungan antara keduanya audit energi adalah proses atau cara untuk melakukan konversi energi agar penggunaannya lebih efektif dan efisien oleh pengguna energi sehingga hasil tersebut dapat dijadikan rujukan untuk investasi. Sehingga dalam hal ini pemerintah mengeluarkan kebijakan yang tertuang dalam Undang-Undang No. 30 tahun 2007 yang berkaitan dengan Energi. Ditambah dengan Intruksi Presiden No. 2 Tahun 2008 yang memberikan intruksi kepada instansi pemerintah, BUMN, BUMD, Pemerintah Daerah, masyarakat dan perusahaan swasta untuk melaksanakan program dan kegiatan penghematan energi dan air.

Audit energi mempunyai langkah-langkah yang harus ditempuh, setiap langkah harus dilewati karena mempunyai tingkatan yang berbeda yaitu:

1. *Walk-Through Audit* (Pengamatan Singkat)

Tahap ini adalah langkah awal untuk melakukan audit energi yang meliputi:

- Pengumpulan data yang bersifat secara umum, pengamatan secara singkat secara virtual dan wawancara.
- Menganalisa dan mengevaluasi data yang mendasar dengan sistem pemanfaatan energi, intensitas pemakaian energi dan kecenderungannya, dan standar intensitas energi rata-rata terhadap objek sejenis dan menggunakan peralatan atau teknologi serupa.

Tujuan dari *Walk-Through Audit* (Pengamatan singkat) ini berfungsi atau bertujuan untuk memperoleh gambaran umum pengolahan energi terlebih dahulu.

## 2. *Preliminary Audit* (Audit Energi Awal)

Audit Energi Awal atau jika disingkat adalah AEA merupakan kelanjutan atau level kedua dari aktivitas audit energi. Aktivitas ini bermaksud untuk mengetahui besarnya penggunaan potensi dalam penghematan energi. Kegiatan ini lebih lengkap dibanding *Walk-Through Audit* atau pengamatan singkat. Informasi dan data diperoleh melalui hasil pengukuran sesaat. *Preliminary Audit* dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- Survey manajemen energi

Pemahaman manajemen yang sedang berlangsung dan kriteria putusan investasi yang mempengaruhi proyek konservasi dilakukan oleh tim surveyor atau tim auditor.

- Survey energi (teknis)

Pada bagian ini *Preliminary Audit* atau AEA mengulas tentang kondisi dan operasi alat-alat yang dipakai dalam pemakaian energi yang sekiranya penting serta instrumentasi yang ada kaitannya dengan penghematan energi. Tim auditor dan tim surveyor melakukan teknis AEA dengan menggunakan sedikit mungkin alat-alat *portable*.

*Premilinary Audit* pada banyak kasus berguna mengenali sumber-sumber pemborosan energi, namun dalam jangka waktu yang pendek adapun untuk menghemat atau mengefisiensi hal tersebut hanya perlu mengeluarkan biaya yang rendah karena terkait dengan teknis.

### 3. Audit Energi Terinci

Audit Energi Terinci (AET) adalah kegiatan audit energi yang paling mendalam analisisnya, yang berdasarkan lingkup yang lebih luas dan hasil data dan informasi yang lebih rinci. AET pada umumnya berlangsung cukup lama karena analisa harus mendalam dan lebih spesifik dalam mengkaji. Sehingga hasil yang diperoleh akan maksimal dan rekomendasi juga dalam waktu jangka yang panjang.

### 2.3 Analisa Tekno Ekonomi

Seorang insinyur ketika membuat keputusan dalam permasalahan yang dialami terutama di bidang *engineer* pasti memerlukan pengetahuan, salah satu pengetahuan yang diperoleh di bidang teknik seorang insinyur untuk mengambil keputusan adalah tekno ekonomi dalam hal pemilihan pembangunan atau perencanaan, sehingga keputusan yang diambil tepat dan terukur.

Untuk mengambil keputusan dalam tekno ekonomi diperlukan sebuah analisa yang mendalam karena terkait dengan masa pembangunan yang akan dilakukan dan biasanya analisa tersebut memperhitungkan dampak yang akan terjadi di masa mendatang karena dalam analisa tekno ekonomi hal yang harus didapat adalah *Benefit* yang diterima setelah menjalankan analisa tersebut, sehingga penting mengetahui:

1. Prediksi kondisi masa yang akan datang
2. Perkembangan teknologi
3. Sinergi antara proyek-proyek yang didanai

Kegiatan seorang insinyur dalam menjalankan pekerjaannya pasti memerlukan biaya dengan nilai yang cukup besar sehingga perlu diadakannya investasi yang tertuju untuk masa mendatang agar nilai yang cukup besar tersebut dapat digunakan sefektif dan efisien sesuai kebutuhan yang dianggap perlu.

#### 2.3.1 Pengerian Investasi Proyek

Investasi adalah penanaman modal untuk satu atau dua aktiva yang dimiliki dan biasanya berjangka waktu yang lama dengan harapan mendapatkan keuntungan di masa-masa yang akan datang. Dewasa ini banyak negara-negara

yang melakukan kebijakan yang bertujuan untuk meingkatkan investasi baik domestik ataupun modal asing.

Suatu rencana investasi perlu dianalisis secara seksama. Karena bersangkutan dengan dana dan akan mempengaruhi perusahaan dalam jangka panjang untuk masa depan perusahaan dan pihak terkait. Pentingnya analisis sebelum melakukan investasi (besar maupun kecil) pada dasarnya digunakan untuk melihat apakah proyek investasi tersebut layak atau tidak untuk dijalankan dan sebagai landasan dalam mengambil langkah keputusan. Oleh karena itu dilakukan perencanaan investasi yang lebih teliti agar tidak terlanjur menanamkan investasi pada proyek yang tidak menguntungkan.

### **2.3.2 Studi Kelayakan Investasi Proyek**

Studi kelayakan proyek investasi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang mempelajari secara mendalam tentang suatu usaha atau bisnis yang akan dijalankan, dalam rangka menentukan layak atau tidaknya usaha tersebut dijalankan (Chan dan Sharp-Bette, 2007, p.6). Dalam investasi suatu proyek perlu juga menentukan sasaran sesuai dengan urutan yang logis untuk memfokuskan suatu rencana bisnis, hal tersebutlah yang menjadi manfaat untuk melakukan studi kelayakan suatu proyek Selain itu, manfaat dari studi kelayakan yaitu untuk menghindarkan suatu perusahaan dari penanaman modal yang tidak ekonomis.

Dilakukannya studi kelayakan juga memerlukan biaya. Studi kelayakan baiknya dilakukan terlebih dahulu sebelum mendirikan suatu usaha karena hal tersebut menjadi landasan atau pijakan untuk menentukan suatu proyek yang akan dijalankan, bila dibandingkan dengan besarnya resiko kegagalan dan kerugian dari suatu proyek investasi dalam jumlah besar, agar biaya yang dikeluarkan dapat diminimalkan dan relatif menjadi kecil.

### **2.3.3 Kriteria Kelayakan Investasi**

Dalam analisis proyek ada beberapa kriteria yang umumnya sering dipakai untuk menentukan diterima atau tidaknya suatu usulan proyek, atau untuk menentukan pilihan antara berbagai macam usulan proyek. Dalam semua

kriteria itu yaitu, baik manfaat (*Benefit*) ataupun biaya dinyatakan dalam nilai sekarang (*Present Value*). Beberapa kriteria tersebut adalah diantaranya :

### 1. *Net Cash Flow*

*Net Cash Flow* atau aliran kas pada saat ini dapat diartikan lebih rinci berdasarkan PSAK No.2 (2002:5) “Aliran uang adalah arus masuk dan arus keluar uang atau setara uang”. Dapat diartikan pula *Net Cash Flow* adalah selisih antara aliran uang masuk/*Cash Inflow* ( $Q_t$ ) dikurang dengan aliran uang keluar/*Cash Outflow* ( $C_t$ ) sehingga secara matematis dapat di tulis:

$$\text{Net Cash Flow} = Q_t - C_t$$

Dengan:

$Q_t$ : Uang Masuk/*Cash Inflow*

$C_t$ : Uang Keluar/*Cash Outflow*

### 2. *Net Present Value*

Metode *Net Present Value* (NPV), dikenal juga dengan metode nilai sekarang bersih. Dasar metode ini adalah merupakan selisih antara nilai sekarang penerimaan (*benefit*) dan nilai sekarang (*cost*). “Perlu ditetapkan dahulu tingkat suku bunga (*discount rate*) untuk menentukan nilai sekarang penerimaan dan pengeluaran” (Kadariah, 1988). Dalam kaidah *Present Worth Value* yang berhubungan dengan *interest* ( $i$ ) yang dapat berubah-ubah sesuai suku bunga yang ditetapkan oleh pihak yang dianggap layak untuk mengeluarkan aturan.

Adapun syarat suatu proyek investasi dapat diterima adalah apabila aliran penerimaan kas secara bersih di masa selanjutnya sesuai studi dan analisa nilai lebih besar dari nilai investasi yang dilakukan saat ini, maka proyek tersebut dianggap menguntungkan maka proyek dapat diterima. Sedangkan apabila lebih kecil (NPV

negative) dari nilai saat ini, maka proyek dapat tidak diterima karena dinilai tidak menguntungkan. Dari hal tersebut maka bila  $NPV > 0$  maka proyek diterima. Sebaliknya jika nilai  $NPV < 0$  maka proyek tidak layak. Pada *Net Present Value* dapat disederhanakan dengan hasil kali antara *Net Cash Flow* dengan *Present Worth Value* secara matematis dapat dituliskan rumus:

$$Net\ Present\ Value = (Q_t - C_t) \times (1 + i)^{-t}$$

atau

$$Net\ Present\ Value = \sum_t (Q_t - C_t) \times (1 + i)^{-t}$$

Dengan:

$$Q_t - C_t = Net\ Cash\ Flow$$

$$(1 + i)^{-t} = Present\ Worth\ Value$$

$$i = Interest$$

### 3. *Payback Periode*

Berdasarkan teori “Periode nilai kembali (*payback period*) didefinisikan sebagai jumlah periode (waktu) yang dibutuhkan untuk mengembalikan dana investasi yang ditanamkan” (Verbaan, 2001), atau biasa disebut dengan “balik modal” berapa lama, dengan begitu *Payback Periode* dapat ditulis dengan rumus:

$$Payback\ Periode = \frac{Jumlah\ Investasi}{Laba\ bersih}$$

### 4. *Internal Rate of Return*

Dalam proses mencari nilai IRR, diperlukannya perkiraan biaya investasi atau estimasi biaya yaitu *cost estimate*, dengan menghitung pengeluaran dan perkiraan keuntungan bersih yang akan diperoleh dari kegiatan investasi tersebut yang disebut sebagai penerimaan. Kedua angka tersebut yaitu biaya investasi dan hasil investasi harus dianalisis.



Karena nilai-nilai tersebut terjadi pada waktu yang tidak sama atau ada perbedaan waktu, sehingga digunakannya konsep *time value of money*, yaitu harus dihitung *present valuenya*.

Biaya investasi yang dikeluarkan diberi tanda minus (*negative*) karena nilai kas berkurang dan hasil investasi yang diterima diberi tanda plus (*positive*) karena nilai kas bertambah, kemudian setelah masing-masing dihitung present valuenya, selanjutnya langkah yang dilakukan adalah mencari *net present*.

*Internal Rate of Return* (IRR) didefinisikan sebagai “nilai diskonto yang didapat melalui cara coba-coba yang mempersamakan nilai total alias kas pemasukan (keuntungan) saat ini sesudah pajak yang diharapkan, dengan nilai total biaya pembelanjaan modal (modal kerja ataupun modal tetap) saat ini. Untuk lebih mudahnya, IRR adalah nilai diskonto melalui cara coba-coba yang memberikan nilai  $NPV = 0$ ” (Verbaan, 2001).

Apabila tingkat bunga ini lebih besar dari tingkat bunga relevan (atau tingkat bunga yang disyaratkan), maka nilai investasi dikatakan merugikan. Persamaan untuk menghitung IRR adalah:

$$IRR = \sum_{n=1}^n \frac{An}{(1+r)^n} - \sum_{n=0}^n \frac{In}{(1+r)^n}$$

Dengan:

$An$  = Nilai aliran kas pemasukan sesudah pajak  
(keuntungan)

$In$  = Nilai belanja modal (biaya)

$r$  = Nilai IRR setelah mencari dengan coba-coba

$n$  = Periode waktu  $n$

Arti IRR apabila mempunyai lebih besar dari biaya marjinal modal perusahaan, maka nilai perusahaan akan bertambah. Normalnya, proyek dengan nilai IRR tertinggi dapat diharapkan untuk paling

meningkatkan perusahaan. Akan tetapi, resiko proyek tetap harus dihitung ketika membuat keputusan akhir.

## 2.4 Intensitas Konsumsi Energi

Untuk melihat apakah penggunaan energi listrik pada suatu objek dikatakan berlebihan atau tidak dibutuhkan parameter yaitu yang disebut Intensitas Konsumsi Energi atau IKE. Biasanya IKE digunakan untuk mengukur konsumsi energi listrik pada suatu objek berupa bangunan sehingga setelah mengetahui konsumsi energi tersebut dapat dilakukan penghematan. Pada dasarnya IKE adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama periode tertentu (satu tahun) dengan luas bangunan. Sedangkan satuan IKE adalah kWh/m<sup>2</sup> per tahun.

Menghitung IKE diambil dari data total konsumsi energi dan data luas bangunan. Berikut ini adalah perhitungan IKE :

$$IKE = \frac{Kwh \text{ total (kWh/bulan)}}{Luas \text{ Total (m}^2\text{)}}$$

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan pada tahun 1992, target besarnya IKE listrik untuk Indonesia adalah sebagai berikut :

IKE untuk perkantoran (komersil) : 240 kWh/m<sup>2</sup> per tahun

- IKE untuk pusat belanja : 330 kWh/m<sup>2</sup> per tahun
- IKE untuk hotel / apartemen : 300 kWh/m<sup>2</sup> per tahun
- IKE untuk rumah sakit : 380 kWh/m<sup>2</sup> per tahun

Berdasarkan *Pedoman pelaksanaan konservasi energi dan pengawasan dilingkungan Depdiknas (2004)*., diperoleh nilai IKE listrik, sebagai berikut :

- 4,17-7,92 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria sangat efisien.

- 7,92-12,08 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria efisien.
- 12,08-14,58 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria cukup efisien.
- 14,58-19,17 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria agak boros.
- 19,17-23,75 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria boros.
- 23,75-37,5 kWh/m<sup>2</sup>/bln berkriteria sangat boros.

Dan besarnya target IKE diatas merupakan nilai IKE listrik per satuan luas bangunan gedung yang dikondisikan.

Besarnya IKE hasil perhitungan dibandingkan dengan IKE standar atau target IKE. Apabila hasilnya ternyata sama atau kurang dari target IKE, maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau bila diteruskan dengan harapan dapat diperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Namun sebaliknya jika hasilnya lebih besar dari target IKE berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi berikutnya guna memperoleh penghematan energi.

## **2.5 Kualitas Daya Listrik (*Power Quality*)**

Dalam dunia kelistrikan yang sangat fundamental dan harus mempunyai standar yang baik juga pokok adalah tentang kualitas daya listrik. Sedangkan kualitas daya listrik sendiri dapat didefinisikan sebagai standar kemampuan yang dapat diberikan oleh daya listrik kepada pengguna agar peralatan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi, dan kemampuan tersebut tidak merusak peralatan tersebut. Ada beberapa hal yang menyebabkan penurunan kualitas daya listrik yaitu: petir (*lightning*), *switching* pada beban dengan daya besar, *starting* atau arus mula pada motor, *unbalanced voltage*, *unbalanced load*, harmonisa, faktor daya yang rendah dan *noise* yang menyebabkan *Electromagnetic interference (EMI)* yang terjadi karena dua rangkaian elektrnika yang berdekatan dan mempunyai medan elektromagnetik.

Parameter yang menentukan kualitas daya listrik sebagai berikut: arus, tegangan, frekuensi, *losses* atau rugi-rugi daya, faktor daya, *grounding* atau pentanahan, dan *unbalanced*. Dari parameter-parameter tersebut kualitas daya listrik dikatakan baik apabila arus, tegangan dan frekuensi selalu konstan atau sesuai standar pada suatu titik dan sektor.

Setelah mengetahui permasalahan pada kualitas daya listrik, manfaat memperbaiki kualitas daya listrik adalah:

- a) Mendorong kemajuan teknologi agar semakin baik karena peralatan masa kini yang menggunakan basis mikroprosesor dan sistem kendali yang peka terhadap kualitas daya listrik.
- b) Mengefisienkan biaya yang dikeluarkan untuk membayar tagihan listrik dan mengurangi rugi-rugi atau *losses* yang terjadi pada sistem kelistrikan yang disebabkan oleh kualitas daya listrik.
- c) Merawat peralatan listrik yang digunakan karena buruknya kualitas daya listrik dapat merusak sistem kerja pada peralatan.

Sedangkan parameter-parameter yang digunakan dalam kualitas daya listrik memiliki standar yang telah ditentukan yaitu sebagai berikut:

### **2.5.1 Arus**

Seperti hukum ohm pada umumnya arus listrik dapat dinyatakan “arus listrik adalah perbandingan antara tegangan yang ada pada sistem rangkaian listrik dengan hambatan pada konduktor” arus listrik juga dapat disebut proses perpindahan muatan listrik atau elektron dari satu titik ke titik lain melalui penghantar atau konduktor, terjadinya arus listrik berawal dari tekanan atau beda potensial yang mendorong elektron menuju titik yang berbeda melalui media yang disebut konduktor, elektron tersebut akan mengalir dari atom yang memiliki kelebihan elektron menuju atom yang kekurangan elektron karena elektron senantiasa berpindah. Aliran elektron tersebut yang disebut dengan arus listrik. Arus listrik dilambangkan dengan huruf “I” dengan satuan “Ampere” (A) yaitu “jumlah elektron yang mengalir pada titik tertentu pada tiap satu detik”.

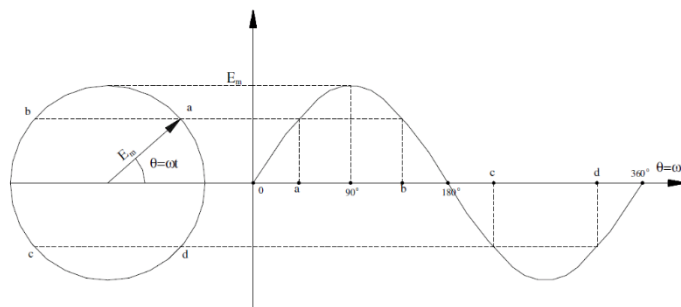
### 2.5.2 Tegangan

Tegangan listrik atau yang sering disebut dengan beda potensial dapat juga disebut sebagai energi yang menyebabkan terjadinya aliran listrik, beda potensial adalah perbedaan antara dua potensial listrik pada dua titik dalam rangkaian listrik dan dapat dilambangkan “V” dan satuan volt. Tegangan di baik bila memiliki toleransi yang diijinkan oleh PLN sebesar -10 % s/d +5% apabila dalam kondisi yang darurat menurut standar IEEE adalah pada toleransi sebesar -13% s/d +6%.

### 2.5.3 Frekuensi

Frekuensi secara umum dapat diartikan sebagai jumlah kemunculan suatu kejadian yang berulang pada suatu jangka waktu tertentu. Frekuensi didefinisikan sebagai *jumlah periode gelombang yang terjadi selama 1 detik*. Mengacu pada SI, satuan frekuensi adalah Hertz (Hz) yaitu jumlah siklus per detik. Nama ini diberikan sebagai penghargaan kepada Heinrich R. Hertz atas kontribusinya pada bidang gelombang elektromagnetik. Sehingga mempunyai rumus:

$$F = \frac{1}{T}$$



Gambar 2. 1 Gelombang Sinus

Frekuensi tegangan listrik yang berlaku di Indonesia adalah 50 Hz, karena setiap negara mempunyai frekuensi tegangan listrik yang berbeda-beda. Di Indonesia aturan frekuensi tegangan listrik tercantum pada Permen ESDM No.37 Tahun 2008 yang menyebutkan bahwa frekuensi nominal sebesar 50 Hz, diusahakan untuk tidak lebih rendah dari 49.5 Hz atau lebih tinggi dari 50.5 Hz dan dalam keadaan darurat frekuensi diizinkan turun hingga 47.5 Hz atau naik hingga 52 Hz. Tapi harus diingat jika dalam keadaan darurat (emergency).

## 2.6 Faktor Daya Listrik

Faktor Daya Listrik adalah perbandingan antara daya aktif dan daya buta, atau dapat dirumuskan sebagai: Faktor daya listrik =  $P/S$ , di mana  $P$  adalah daya aktif dalam KW dan  $S$  adalah daya buta dalam KVA. Daya aktif adalah daya yang ditimbulkan oleh aliran arus listrik melalui hambatan seperti lampu pijar, atau alat pemanas.

Terdapat 3 (tiga) macam daya yang terdapat pada faktor daya seperti berikut ini :

### 2.6.1 Daya Nyata (P)

Daya nyata atau yang sering disebut daya aktif adalah secara sederhana daya yang terpakai dalam melakukan usaha atau energi dalam sistem kelistrikan. Nilai daya nyata dipengaruhi oleh faktor seperti Tegangan, Arus dan  $\cos \phi$  (faktor daya) yaitu pergeseran nilai besar sudut arus maupun tegangan pada sinusoidal listrik AC, semakin kecil nilai ketiga parameter tersebut maka akan mengurangi nilai daya nyata pula. Daya nyata dilambangkan dengan (P) dan memiliki satuan "Watt". Jika dituliskan secara matematis maka daya nyata mempunyai rumus:

Fasa ke netral atau (1 fasa) :

$$P = V \times I \times \cos \phi,$$

Sedangkan pada *line to line* atau fasa ke fasa atau (3 fasa) dapat dirumuskan dengan:

$$: P = V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3}$$

Keterangan:

P = daya nyata (Watt atau J/s)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

$\cos \phi$  = faktor daya

### 2.6.2 Daya Semu (S)

Daya semu atau (*Apparent Power*) merupakan daya yang terjadi ketika nilai efektif dari dua faktor yaitu tegangan dan arus yang disebut  $V_{RMS}$  (Tegangan *Root Mean Square*) dan  $I_{RMS}$  (Arus *Root Mean Square*). Daya ini adalah daya yang diberikan PLN kepada pelanggan, daya semu dilambangkan dengan huruf “S” dan mempunyai satuan *Volt-Ampere* (VA). Secara matematis daya semu dapat dituliskan dengan rumus:

Pada *line to netral* atau fasa ke netral (1 fasa) :

$$S = V \times I,$$

Sedangkan rumus untuk *line to line* atau fasa ke fasa (3 fasa) dengan :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

Keterangan:

S = daya semu (VA)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

### 2.6.3 Daya Reaktif (VAR)

Pada dasarnya daya reaktif bukanlah daya yang sesungguhnya sehingga sering disebut dengan daya “imajiner” yang mengindikasikan adanya pergeseran pada grafik sinusoidal sama seperti faktor daya, pergeseran tersebut dikarenakan adanya beban reaktif yaitu beban yang timbul ketika adanya *flux* elektromagnetik, sehingga berhubungan dengan induktansi dan kapasitansi.

Daya reaktif mempunyai simbol “Q” dengan satuan *Volt-Ampere-Reaktif* (VAR) dan mempunyai persamaan matematis:

Pada *line to netral* atau fasa ke netral (1 fasa) :

$$Q = V \times I \times \sin \phi$$

Sedangkan pada *line to line* atau fasa ke fasa (3 fasa) :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \times \sqrt{3}$$

Keterangan:

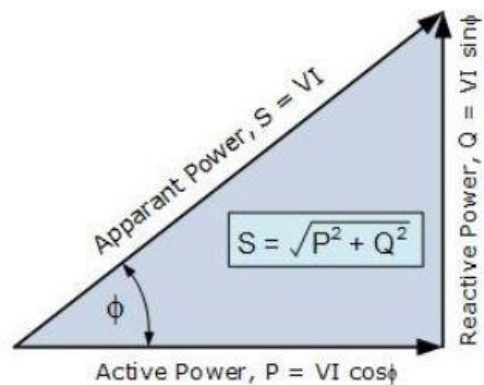
Q = daya reaktif (VAR)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

$\sin \phi$  = faktor daya

Dari penjelasan ketiga macam daya diatas, dikenal juga sebagai segitiga daya. Dimana definisi umum dari segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang dapat dilihat hubungannya berikut.



Gambar 2. 2 Segitiga Daya



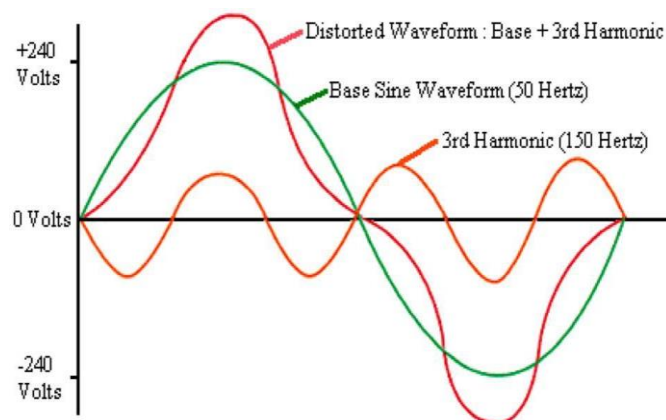
## 2.7 Harmonisa

Didalam sebuah rumah sakit dengan peralatan yang sedimikian banyaknya pastilah mempunyai alat yang dapat menghasilkan beban yang bersifat *non-linier* yaitu beban bersifat statis yang dalam penggunaannya sangat mudah seperti mesin-mesin, AC driver, UPS (*uninterruptible power supply*), Lampu TL dan lain-lain.

Alat yang bersifat *non-linier* tersebut mengakibatkan terjadinya harmonik, pada dasarnya gelombang ideal adalah sinus murni namun dalam distribusi tenaga listrik terdapat distorsi gelombang arus dan tegangan yang membuat gelombang tidak sinusoidal. Perubahan gelombang tersebut dikarenakan menumpanginya gelombang frekuensi orde yang menumpang pada gelombang frekuensi kerja normal. Harmonik ini mempengaruhi terhadap kualitas daya listrik dan bisa membuat peralatan bermasalah. Sebagai contoh dalah gelombang berikut ini:



Gambar 2. 3 Gelombang frekuensi ideal, real dan harmonik



Gambar 2. 4 Gelombang terdistorsi 50 Hz ke 150 Hz

### 2.7.1 Macam-macam Harmonik

Harmonik di bedakan lagi dalam beberapa jenis, dari sumber gelombangnya harmonik ada dua harmonik arus dan harmonik tegangan sedangkan berdasarkan ordenya harmonik di bedakan menjadi harmonik urutan ganjil dan harmonik urutan genap, harmonik urutan ganjil merupakan kelipatan ganjil dari frekuensi fundamentalnya yaitu 3, 5, 7, 9, 11 dan seterusnya. Harmonik urutan genap merupakan kelipatan genap dari frekuensi fundamentalnya atau dasarnya 1, 2, 4, 6, 8, dan seterusnya, yang di akibatkan karena gelombang tidak simetris terhadap sumbu karena ada komponen DC pada bebannya. Interharmonik merupakan harmonik yang frekuensinya tidak merupakan integral dari frekuensi dasarnya. Subharmonik merupakan harmonik yang frekuensi yang lebih kecil dari frekuensi fundamentalnya.

Harmonik yang berdasarkan urutan fasanya di bedakan menjadi 3 macam yaitu harmonik urutan positif, harmonik urutan negatif, dan harmonik urutan nol. Seperti berikut:

#### 1. Harmonik Urutan Positif (*Positif Sequence*)

Harmonik yang mempunyai urutan fasa yang sama dengan harmonik fundamentalnya atau dasarnya 50 Hz, harmonik ini berdampak pada penambahan panas konduktor, CB, dan panel-panel.

#### 2. Harmonik Urutan Negatif (*Negatif Sequence*)

Harmonik yang kebalikan dari harmonik urutan positif yaitu mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan harmonik dasarnya 50 Hz, harmonik ini urutan negatif mengakibatkan panas dan menyebabkan masalah pada motor induksi sehingga motor mengalami perlambatan.

### 3. Harmonik Urutan Nol (*Zero Sequence*)

Harmonik urutan nol tidak memproduksi perputaran medan di kedua Arah, sehingga menghasilkan panas yang lebih dibandingkan dengan harmonik urutan positif dan urutan negatif, harmonik ini tidak dapat di hilangkan sehingga bahaya yang di rimbulkan besar yaitu arus normal yang lebih besar, sehingga arus yang bear itu bisa menimbulkan kebakaran.

Orde Harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8		9
Frekuensi (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400		450
Urutan/Polaritas	+	-	0	+	-	0	+	-		0

Tabel 2. 1 Polaritas Orde Harmonik

Akibat dari polaritas tersebut menyebabkan akibat yang berbeda-beda yaitu seperti berikut:

Urutan	Pengaruh Pada Motor	Pengaruh Pada Sistem Distribusi
Positif	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menimbulkan Medan magnet arah maju (forward)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>panas</li> </ul>
Negatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menimbulkan medan magnet putar arah mundur (reverse)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Panas</li> <li>Arah putaran motor berubah</li> </ul>
Nol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak ada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Panas</li> <li>Menambah / menimbulkan arus pada kawat netral</li> </ul>

Tabel 2. 2 Akibat polaritas komponen harmonik

### 2.7.2 Total Harmonic Distortion (THD)

Total *harmonic distortion* (THD) merupakan sebuah ukuran harmonik yang paling umum digunakan untuk menunjukkan tinggi rendahnya kandungan dari jumlah harmonik pada suatu gelombang yang terdistorsi. THD merupakan sebuah perbandingan dari hasil penjumlahan komponen harmonik dengan komponen fundamental (dasar). THD dinyatakan dalam ukuran prosentase (%). Semakin besar nilai prosentase THD arus atau tegangan, maka akan semakin besar pula tingkat resiko kerusakan yang akan dialami oleh sistem kelistrikan. Untuk gelombang arus, nilai THD nya didefinisakan seperti berikut:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

Sedangkan untuk gelombang tegangan, nilai THD nya didefinisikan sebagai berikut:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

Keterangan:

$THD_V$  = Total harmonic distortion tegangan

$THD_I$  = Total harmonic distortion arus

$V_h$  = Nilai tegangan harmonik (V)

$V_1$  = Nilai tegangan fundamental (V)

$I_h$  = Nilai arus harmonik (A)

$I_1$  = Nilai arus fundamental (A)

h = arus dan tegangan harmonik ke-h

### 2.7.3 Batas Standar Harmonik

Beberapa dokumen mengenai standar batasan harmonik pada sistem tenaga listrik telah dipublikasikan, diantaranya adalah standar IEEE 519-1992, IEC 61000-3-4, IEC61000-3-6, dan lain lain. Standar IEC biasanya digunakan untuk daerah Eropa dan standar ANSI dan IEEE banyak digunakan di Amerika. Mengenai standar yang digunakan pada penelitian ini adalah standar IEEE no 519 tahun 1992.

Nugroho S.S (2018) menyebutkan bahwa *Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE)* adalah suatu lembaga internasional yang memiliki wewenang untuk melakukan riset dan penelitian dan ANALISIS untuk memberikan sebuah batas standar untuk dijadikan acuan referensi dalam bidang kelistrikan dan elektronika di beberapa negara.

Eward F. Fuchs dan Mohammad A.S. Masoum (2008) menerangkan bahwa IEEE 519-1992 adalah praktik dan persyaratan yang direkomendasikan untuk mengendalikan harmonik dalam sistem tenaga listrik dan IEEE-519 lebih komprehensif dibandingkan dengan standar IEC.

Standar harmonik tegangan memiliki acuan berdasarkan nilai tegangan yang digunakan pada sebuah sistem, sedangkan untuk acuan harmonik arus adalah nilai perbandingan dari arus hubung singkat dengan arus yang bekerja pada beban.

Tabel 2. 3 Batas Total Harmonic Distortion Tegangan

<i>Nominal Voltage</i>	<i>Individual Harmonic Order</i>	THD
$V \leq 69 \text{ kV}$	3.0 %	5.0 %
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1.5 %	2.5 %
$V \geq 161 \text{ kV}$	1.0 %	1.5 %

Tabel 2. 4 Batas *Total Harmonic Distortion* arus

SCA	<i>Individual Harmonic Order (h) Current Distortion Limit</i>					THD
	$H < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$H \geq 35$	
$V_{supply} \leq 69 \text{ kV}$						
<20	4,0 %	2,0 %	1,5 %	0,6 %	0,3 %	5,0 %
20-50	7,0 %	3,5 %	2,5 %	1,0 %	0,5 %	8,0 %
50-100	10,0 %	4,5 %	4,0 %	1,5 %	0,7 %	12,0 %
100-	12,0 %	5,5 %	5,0 %	2,0 %	1,0 %	15,0 %

SCA	<i>Individual Harmonic Order (h) Current Distortion Limit</i> THD					THD
1000 >1000	15,0 %	7,0 %	6,0 %	2,5 %	1,4 %	20,0 %
SCA	<i>Individual Harmonic Order (h) Current Distortion Limit</i>					THD
	H<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	H≥35	
$69 \text{ kV} < V_{supply} < 161 \text{ kV}$						
<20	2,0 %	1,0 %	0,75 %	0,3 %	0,15 %	2,5 %
20-50	3,5 %	1,75 %	1,25 %	0,5 %	0,25 %	4,0 %
50-100	5,0 %	2,25 %	2,0 %	1,25 %	0,35 %	6,0 %
100-1000	6,0 %	2,75 %	2,5 %	2,0 %	0,5 %	7,5 %
>1000	7,5 %	3,5 %	3,0 %	2,5 %	0,7 %	10,0 %
$V \geq 161 \text{ kV}$						
<50	2,0 %	1,0 %	0,75 %	0,3 %	0,15 %	2,5 %
≥50	3,5 %	1,75 %	1,25 %	0,5 %	0,25 %	4,0 %

Untuk mengetahui standar THD arus yang diijinkan pada tabel 2.2 dari suatu sitem atau trafo, terlebih dahulu mencari besar nilai arus *Short Circuit* (Isc) dan mengukur arus beban (I<sub>L</sub>). berikut cara perhitungan Isc:

$$I_{SC} = \frac{\text{Daya Trafo (VA)}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot Z\%}$$

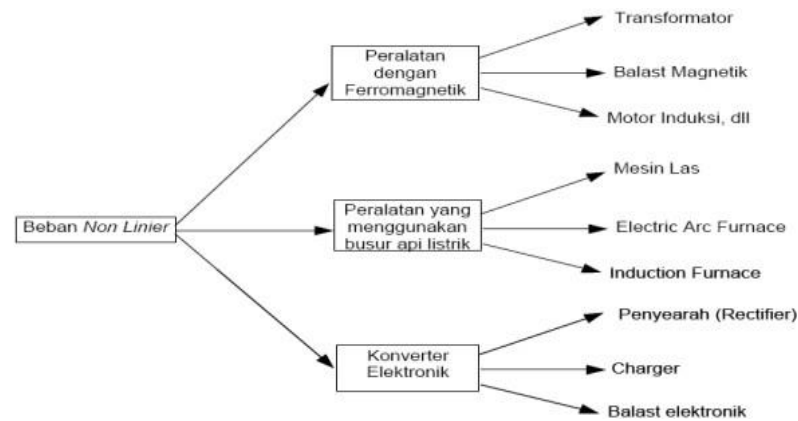
Keterangan :

$V_{LL}$  = Tegangan Antar Fasa (Volt)

Z % = Impedansi Trafo

### 2.7.4 Sumber-sumber Harmonik

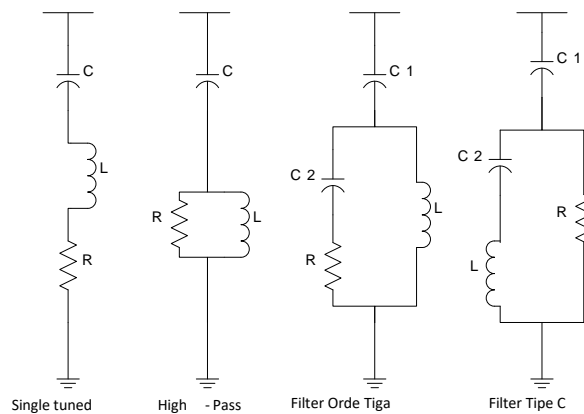
Penyebab terjadinya harmonik adalah adanya beban *non-linier* pada sistem bisa pada sistem kelistrikan ataupun peralatan. Banyaknya beban *non-linier* seperti *Converter* statis, AC/DC driver, harmonik bisa juga di beban *non-linier* seperti berikut:



Gambar 2. 5 Macam-macam beban non-linier

### 2.8 Passive Filter

Pada peralatan rumah sakit khususnya pada beban *non linier* aplikasi rangkaian RLC atau *Passive Filter* merupakan metode penyelesaian yang efektif . *Passive Filter* dirancang untuk mengalihkan arus harmonisa pada bagian tertentu yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Untuk meredam harmonisa diperlukan sebuah alat yaitu *Passive Filter Single Tuned* yang masuk kedalam kategori filter pasif karena komponen utamanya adalah komponen pasif berupa kapasitor, induktor, dan resistor sehingga disebut dengan rangkaian R-L-C. *Passive Filter* juga dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu:



Gambar 2. 6 *Passive Filter*

### 2.8.1 Cara Kerja *Passive Filter Single Tuned*

Karena peralatan pada rumah sakit banyak yang menggunakan beban *non linier* maka dipilihlah *Passive Filter Single-Tuned* berfungsi sebagai filter yang dapat mengalihkan arus harmonisa pada orde tertentu yang tidak diinginkan atau melebihi batas standar yang telah ditentukan dalam suatu sistem tenaga. Prinsip kerja dari *Passive Filter* yaitu mengalirkan arus harmonisa orde tertentu dari sumber harmonisa (beban non linier) melalui jaringan filter. Untuk memaksa arus orde tertentu mengalir ke jaringan filter, besar kapasitor harus diatur agar terjadi resonansi pada jaringan, sehingga harga impedansi saluran akan minimum dan arus harmonik akan dibelokan oleh *Passive Filter Single Tuned*..

*Passive Filter* atau rangkaian R-L-C menghasilkan tiga jenis hambatan yaitu: (R) hambatan yang dihasilkan oleh komponen resistor yaitu resistansi, ( $X_L$ ) hambatan yang dihasilkan oleh komponen induktor yaitu reaktansi induktif, ( $X_C$ ) hambatan yang dihasilkan oleh komponen kapasitor yaitu reaktansi kapasitif. Dari ketiga hambatan tersebut bila dijumlahkan didapat (Z) yaitu impedansi atau hambatan total. Sehingga dapat dituliskan dengan rumus:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



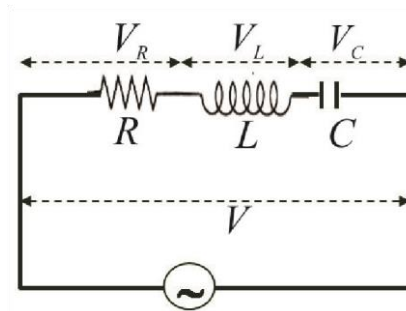
Keterangan:

$Z$  = Impedansi ( $\Omega$ )

$R$  = Hambatan ( $\Omega$ )

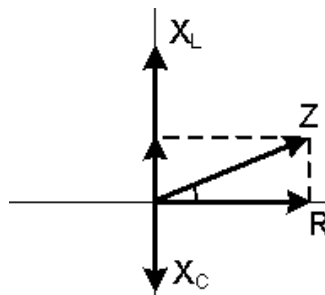
$X_L$  = Reaktansi Induktif ( $\Omega$ )

$X_C$  = Reaktansi Kapasitif ( $\Omega$ )



Gambar 2. 7 Rangkaian R-L-C

Dari hal tersebut karena agar arus yang mengalir dari orde tertentu mengalir melalui filter maka perlu adanya resonansi, resonansi dapat terjadi jika memenuhi tiga syarat berikutnya yaitu: pada saat Reaktansi Induktif sama dengan Reaktansi Kapasitif ( $X_L = X_C$ ), pada saat Impedansi sama dengan Resistansi ( $Z=R$ ), dan saat sudut fase ( $\theta=0$ ). Pada keadaan tersebut antara ( $X_L$ ) Reaktansi Induktif dan ( $X_C$ ) Reaktansi Kapasitif bersifat saling meniadakan dan bila bernilai sama sehingga nilai Impedansi ( $Z$ ) menjadi minimum dan sama dengan nilai Resistansi ( $R$ ).



Gambar 2. 8 Vektor Impedansi

Dari hal tersebut faktor yang melatar belakangi terjadinya resonansi adalah frekuensi dan frekuensi tersebut disebut frekuensi resonansi, sehingga frekuensi resonansi dapat dinyatakan dalam persamaan:

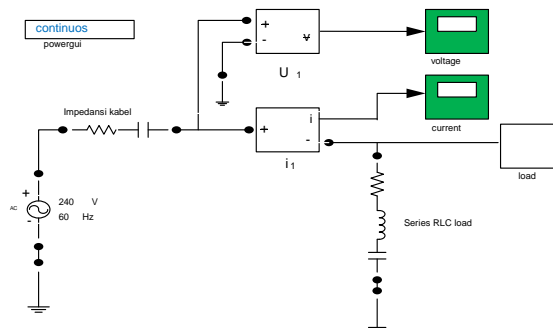
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Keterangan:

L= Nilai Induktor (H)

C= Nilai Kapasitor (F)

Sehingga ketika Impedansi (Z) sama dengan nilai Resistansi (R), Impedansi tersebut mempunyai nilai yang kecil pada frekuensi resonsansi yang dapat menyerap arus harmonik yang dekat dengan frekuensi resonsansi tersebut, karena nilai arus harmonik yang tinggi dan nilai impedansi yang kecil maka arus harmonik tersebut dialirkan atau melewati jaringan *Passive Filter Single Tuned*.



Gambar 2. 9 Pemodelan *Passive Filter Single Tuned*

## 2.8.2 Spesifikasi *Passive Filter Single Tuned*

### 1. Spesifikasi Resistor

$$R = \frac{V}{I}$$

$$P = V \times I$$

Keterangan:

$$R = \text{Kapasitas Resistor} (\Omega)$$

$$V = \text{Tegangan} (V)$$

$$I = \text{Arus Harmonisa Orde ke } - 3$$

$$P = \text{Kapasitas Daya Resistor} (W)$$

2. Q Faktor :

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

Keterangan:

$$X_L = \text{Reaktansi Induktif} (\Omega)$$

$$X_C = \text{Reaktansi Kapasitif} (\Omega)$$

$$Q = \text{Kualitas Filter} (30 - 100)$$

3. Spesifikasi Induktor :

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

Keterangan:

$$L = \text{Kapasitas Induktor Filter} (H)$$

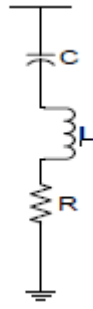
4. Spesifikasi Kapasitor:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

Keterangan:

$$C = \text{Kapasitas Capasitor Filter} (F)$$



Gambar 2. 10 Pemodelan *Passive Filter Single Tuned*

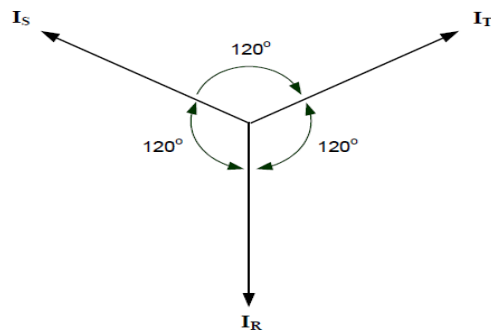
### 2.9 Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan beban atau *unbalance* merupakan kondisi dimana besarnya arus yang mengalir pada tiap fasa berbeda besarnya. Suatu sistem kelistrikan pada sebuah bangunan dikatakan memiliki beban seimbang jika memenuhi dua hal berikut:

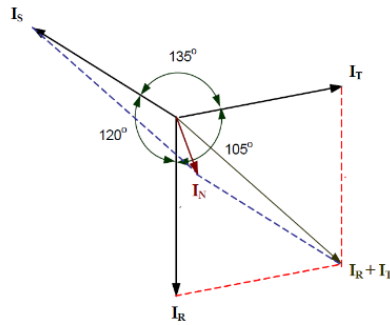
1. Ketiga Vektor arus atau tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor arus saling membentuk sudut  $120^0$  satu sama lain.

Ada 3 kondisi ketidakseimbangan beban yaitu:

1. Ketika masing-masing vektor seimbang namun tidak membentuk sudut  $120^0$  satu sama lain.
2. Ketika masing masing vektor tidak seimbang namun membentuk sudut  $120^0$  satu sama lain.
3. Ketika masing masing vektor tidak seimbang dan tidak membentuk sudut  $120^0$  satu sama lain.



Gambar 2. 11 Vektor arus dalam keadaan seimbang



Gambar 2. 12 Vektor arus dalam keadaan tidak seimbang

Ketidakseimbangan beban menyebabkan penjumlahan ketiga vektor arus ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) tidak sama dengan nol, sehingga menyebabkan adanya arus netral ( $I_N$ ). Dapat dilihat pada gambar 2.11 bahwa vektor arus dalam keadaan seimbang jika penjumlahan vektornya sama dengan nol atau pada fase netral tidak ada arus, sehingga dapat dikatakan memiliki kondisi arus yang baik. Sedangkan pada gambar 2.12 merupakan gambar diagram vektor arus yang tidak setimbang antara ketiga vektor arus ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) sehingga menimbulkan adanya arus pada fase netral dan masuk pada kategori arus yang kurang baik.

### 2.9.1 Akibat Ketidakseimbangan Beban

Akibat Ketidakseimbangan Beban menyebabkan adanya arus pada titik netral yang disebabkan oleh penjumlahan ketiga vektor arus ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) tidak sama dengan nol. Adanya arus netral menyebabkan rugi-rugi daya (*losses*). Untuk menghitung nilai rugi rugi daya dapat digunakan rumus berikut:

$$P_N = I_N^2 \times R_N$$

Keterangan:

$P_N$  = Rugi-rugi daya pada penghantar netral (W)

$I_N^2$  = Arus pada Penghantar netral (Ampere)

$R_N$  = Hambatan penghantar (ohm)

### 2.9.2 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

Dalam menghitung besarnya ketidakseimbangan beban digunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Dimana:

$$I_R = a \times I_{Rata-rata}$$

$$\text{Maka: } a = \frac{I_R}{I_{Rata-rata}}$$

$$I_S = b \times I_{Rata-rata}$$

$$\text{Maka: } b = \frac{I_S}{I_{Rata-rata}}$$

$$I_T = c \times I_{Rata-rata}$$

$$\text{Maka: } c = \frac{I_T}{I_{Rata-rata}}$$

Sehingga :

$$\text{Ketidakseimbangan} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100 \%$$

Hasil perhitungan ketidakseimbangan beban yaitu dalam satuan %

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian tugas akhir dilakukan pada gedung layanan kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan yang berlokasi di Jl. Kartini No.13. Balemulyo, Muntilan, Magelang, Jawa Tengah 56411.

Lokasi Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lokasi Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan

### **3.2 Waktu Pelaksanaan**

Pelaksanaan penelitian untuk tugas akhir dilakukan pada tanggal 21 Februari 2019 s/d 28 Mei2019.

### **3.3 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan untuk membantu pengerjaan tugas akhir sebagai berikut:

#### **3.1.1 Alat**

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian tentang Audit Energi pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan antara lain:

1. *Power Quality and Energy Analyze* METREL MI 2892
2. Laptop Asus A455L
3. Flasdisk 32 GB
4. Kalkulator

#### **3.1.2 Bahan**

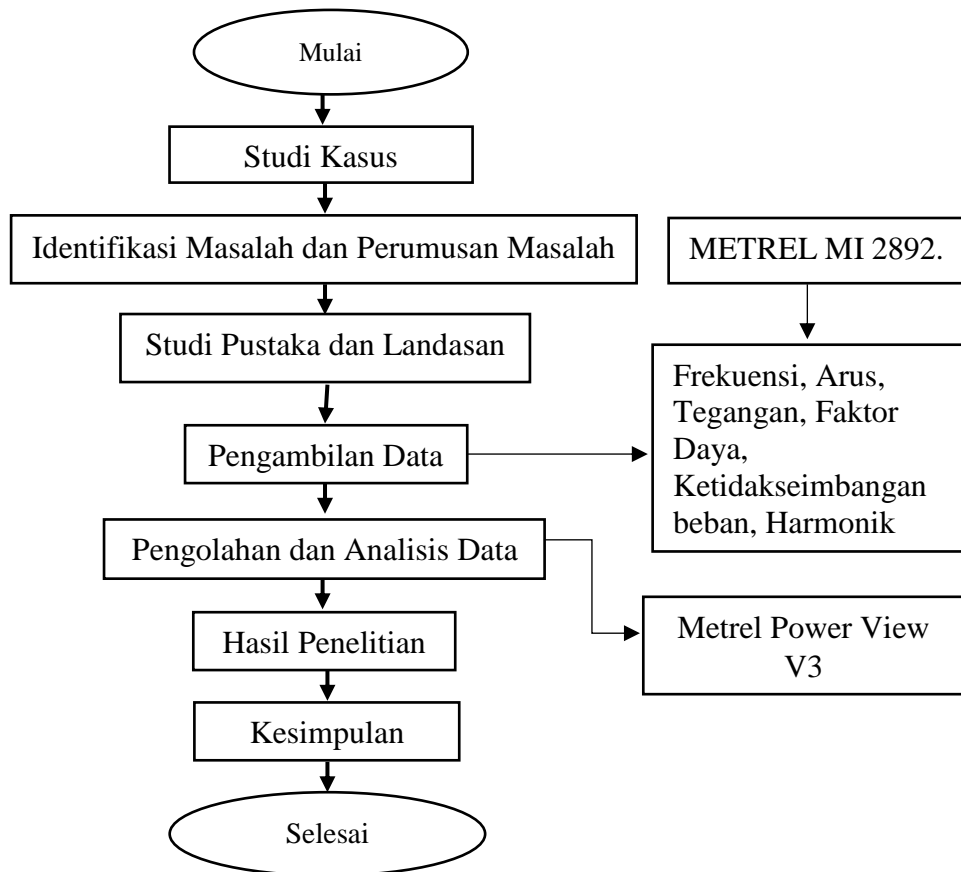
Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian tentang Audit Energi pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan antara lain:

1. *Mechanical Electrical* Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.
2. Jurnal, skripsi, thesis, dan buku-buku penunjang.

### **3.4 Langkah-langkah Penelitian Tugas Akhir**

Dalam melakukan penelitian tugas akhir disajikan diagram alur atau *flowchart* yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan proses penelitian dan penyusunan tugas akhir agar tugas akhir ini teratur dalam setiap langkah-langkahnya. Berikut ini adalah langkah-langkah peneliti dalam melakukan proses penelitian dan penyusunan tugas akhir:





Gambar 3. 2 Diagram alir Penelitian Tugas Akhir

#### 1.4.1 Studi Kasus

Studi Kasus merupakan salah satu metode untuk menyelidiki atau mempelajari suatu objek (*Bimi walgito, 2010*). Studi kasus dilakukan dengan mencari langsung dilapangan, membaca buku, dan melakukan konsultasi langsung terhadap orang yang berkompeten dalam bidang tertentu.

#### 1.4.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan masalah

Setelah mendapatkan sebuah permasalahan, maka dilakukanlah identifikasi terhadap permasalahan tersebut, hal ini perlu dilakukan untuk bisa melakukan pengenalan terhadap permasalahan yang akan dijadikan bahan penelitian. Sedangkan perumusan masalah digunakan untuk memberikan arah kepada peneliti mengenai apa saja yang akan dikaji dan variabel apa saja yang dibutuhkan.

#### 1.4.3 Studi Pustaka dan Landasan Teori

Dalam hal ini, penulis mengumpulkan bahan tulisan dari berbagai sumber pustaka yang relevan untuk menunjang tugas ahir baik itu dari buku, paper, jurnal, skripsi, thesis, disertasi dan lain sebagainya. Sedangkan landasan teori merupakan

sebuah konsep yang berupa teori, rumus, ataupun hukum yang kemudian digunakan untuk menjadi dasar melakukan penelitian maupun penganalisisan data.

#### **1.4.4 Pengambilan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung pada area Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan, wawancara dengan supervisor elektrik, dan mengumpulkan data-data melalui pengukuran dengan menggunakan alat *Power Quality and Energy Analyze* METREL MI 2892. Data yang diambil dalam pengukuran yaitu:

1. Tegangan
2. Arus
3. Frekuensi
4. Faktor Daya
5. Ketidakseimbangan Beban
6. Harmonik

#### **1.4.5 Pengolahan Data dan Analisis Data**

Data yang diperoleh dari pengukuran kemudian dianalisis menggunakan software sebagai alat bantu kemudian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dengan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik maka dapat mempermudah analisa data dengan *Metrel Power View v3*.

#### **1.4.6 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian ini berasal dari data yang telah diambil kemudian diolah dan diAnalisis secara sistematis. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tulisan, tabel, gambar, dan grafik.

#### **1.4.7 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan data yang didapat apakah Audit Energi di Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan dapat di lakukan pengefisiensian dan pengefektifan serta layak untuk di lakukan investasi atau tidak. Kesimpulan juga terdapat saran yang berguna bagi pembaca mengenai penelitian yang dibuat oleh penulis.

### 3.5 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data menggunakan alat ukur *Power Quality and Energy Analyzer* METREL MI 2892.



Gambar 3. 3 *Power Quality and Energy Analyzer* METREL MI 2892

berikut langkah-langkah penggunaan *Power Quality and Energy Analyze* METREL MI 2892:

1. Siapkan alat ukur Power Quality Analyzer.
2. pasang semua probe clamp arus ke alat Power Quality Analyzer, dan sesuaikan sesuai warna ujung kabel clamp dengan warna yang tertera di alat.
3. Pasang probe dari jumper tegangan ke alat Power Quality Analyzer, dan sesuaikan warna kabel yang akan digunakan dengan yang tertera di alat.
4. Pasang adapter untuk catu daya alat ukur.
5. Nyalakan alat ukur.
6. Pasang jumper dari grounding terlebih dahulu untuk mengantisipasi adanya tegangan sentuh dari sub distribution panel.
7. Pasang jumper tegangan pada setiap fasa R, S, dan T dipanel, sesuaikan dengan warna kabel yang terpasang pada alat.

8. Pasang Clamp arus pada kabel fasa R,S dan T dan jangan terbalik. Jika terbalik maka akan muncul pada alat ukur bagian arus tanda silang merah.
9. Lakukan setting pada alat ukur dengan benar. Lakukan pengecekan kembali sebelum melakukan recording.
10. Jika semua sudah benar maka mulai melakukan recording data.
11. Setelah selesai maka file data akan terekam pada alat dan transferkan ke laptop untuk dilakukan Analisis.
12. Setelah semua selesai maka lepaskan semua kabel jumper pada panel dan alat ukur, kemudian rapikan secara semestinya.

### 3.6 Jadwal Penelitian

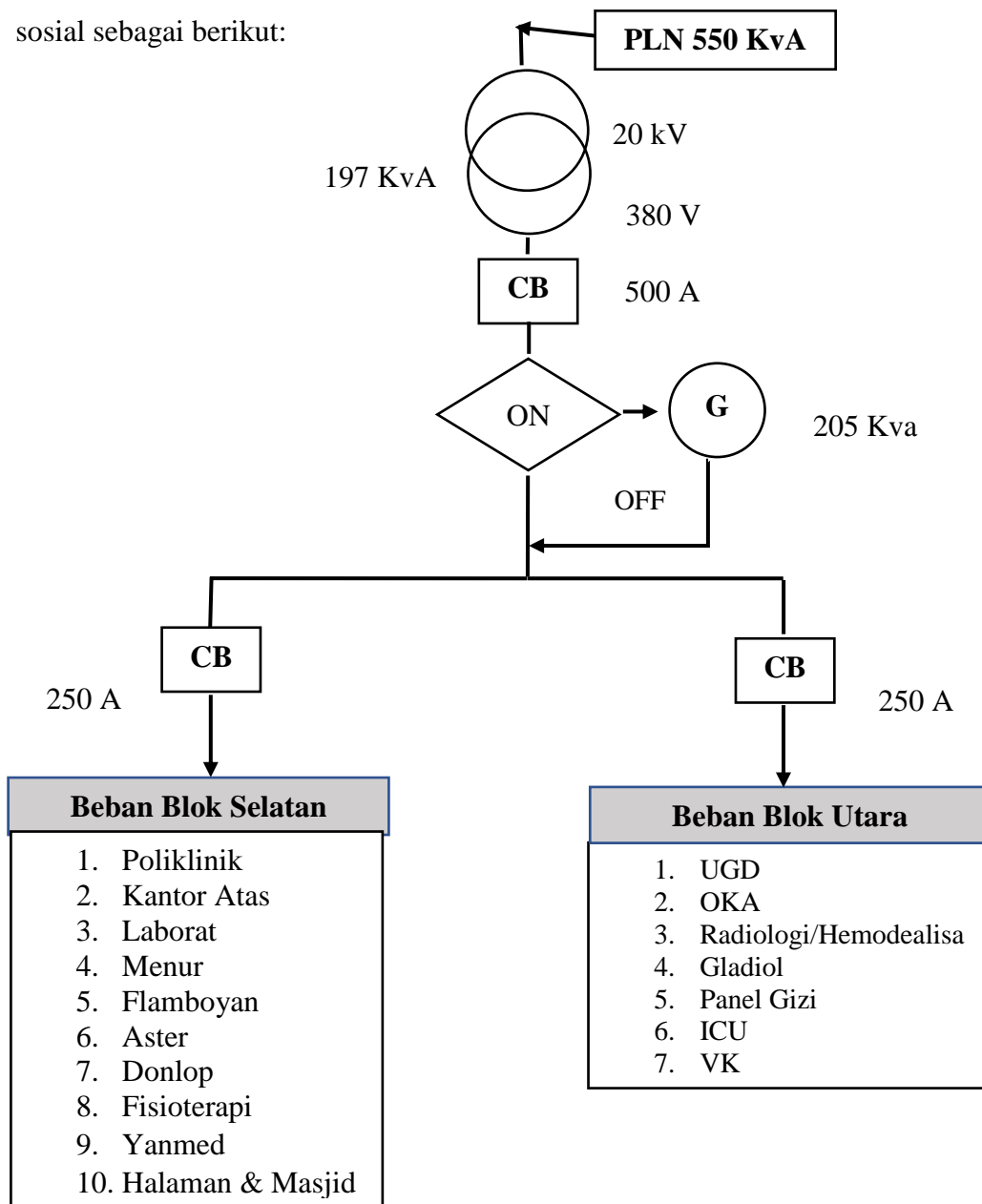
Penelitian akan dilaksanakan pada Februari 2019- Mei 2019, berikut jadwal penelitian yang dibuat penulis sebagai acuan pelaksanaan penelitian:

No	Kegiatan	Februari 2018				Maret 2018				April 2019				Mei 2019			
		Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Penyusunan Proposal																
2.	Pengambilan Data																
3.	Analisis Data																
4.	Revisi Tahap I																
5.	Revisi Tahap II																
6.	Persiapan Ujian Pendaran																

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Kualitas Daya Listrik (*Power Quality*)

Pola beban yang berada pada gedung layanan kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan berlangganan/memasok listrik dari PLN dengan tarif sosial sebagai berikut:



*Gambar 4. 1* Pola beban pada RSUD Muntilan

Dari gambar pola diatas sistem jaringan yang ada pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan adalah PLN memasok daya sebesar 550 KVA menuju trafo distribusi yang berkapasitas 197 KVA bertegangan rendah 20 Kv 3 fase 380 V. Setelah dari trafo distribusi menuju panel *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP) dan *Circuit Breaker* (CB) berkapasitas 500 A dan menuju ke panel *Automatic Transformation Switch* (ATS) yang berfungsi untuk membackup panel LVMDP apabila listrik yang mengalir dari PLN terputus atau padam, genset akan menyala secara otomatis dan ATS akan berkerja mengganti sumber aliran dari PLN menuju ke sumber aliran yang berada pada genset, proses pergantian ini disebut dengan *Change Over Switch* (COS). Apabila sumber listrik PLN telah terhubung maka relay yang ada pada ATS akan memutus aliran listrik dari genset.

Setelah melalui panel ATS aliran distribusi listrik pada Rumah Sakit Umum Daerah muntilan mengalir menuju panel bagi yang berisi *Circuit Breaker* (CB) berkapasitas sebesar 250 A pada masing-masing CB yang dibagi menjadi dua yaitu pada panel utara dan selatan. Pada panel utara aliran listrik akan disalurkan menuju 7 ruangan yaitu: Unit Gawat Darurat (UGD), OKA, Radiologi/Hemodealisa, Gladio, Panel Gizi, ICU, VK. Sedangkan pada panel selatan aliran listrik disalurkan menuju 10 ruangan yaitu: Poliklinik, Kantor Atas, Laborat, Menur, Flamboyan, Aster, Donlop, Fisioterapis, Yanmed, Halaman dan Masjid.

Setelah mengetahui pola distribusi beban aliran listrik pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan langkah berikutnya adalah melakukan pengambilan data dengan cara mengukur menggunakan alat ukur *Power Quality and Energy Analyzer* METREL MI 2892. Adapun fokus yang diukur adalah: Frekuensi, Tegangan, Arus, *Total Harmonik Distortion* (THD), Faktor Daya, Ketidakseimbangan beban/*Unbalanced* Tegangan dan Arus. Sebelum mengetahui hasil pengukuran alangkah lebih baiknya mengetahui standar-standar yang telah ditetapkan oleh pihak-pihak yang mempunyai wewenang.

Standar frekuensi yang telah ditentukan adalah menurut standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral no.37 tahun 2008 nilai “frekuensi nominal

50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz” (Permen ESDM no.37). Pada tegangan, standar yang dipakai adalah berdasarkan “Permen ESDM No. 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan Titik Sambung untuk Konsumen Tegangan antar fasa yaitu 400 V Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 V merupakan tegangan nominal 400V antar fasa dan 230 V fase ke netral. Dengan Batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 241,5 V tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt”. Sedangkan standar arus yang dipakai adalah sesuai teori yang berbunyi “Apabila jumlah phasor dari ketiga tegangan adalah sama dengan nol, maka dengan jumlah phasor dari arus pada ketiga fase juga sama dengan nol. Jika impedansi beban dari ketiga fase tidak sama, maka jumlah phasor dan arus netralnya ( $I_n$ ) tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang”.

Standar *Total Harmonic Distortion* (THD) arus dan tegangan adalah IEEE 519-1992 pada tabel 2.1 dijelaskan batas *Total Harmonik Distortion* tegangan dan arus. Suplay tegangan  $\leq 69$  kV nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5\%$ . Berdasarkan standar IEEE 519-1992 batas *Total Harmonik Distortion* arus. Arus pada range 100 s/d 1000 Ampere nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 15\%$ .

Pada faktor daya standar yang diapakai dikeluarkan oleh PT. PLN (persero) selaku penyedia daya listrik memberikan batasan terhadap faktor daya, untuk bangunan gedung diberi batas sebesar 0,85. jika faktor daya rata-rata dibawah angka tersebut maka dikenakan denda Penalti oleh PLN. Sedangkan pada Ketidakseimbangan beban/*Unbalanced* arus dan tegangan memakai standar yang dikeluarkan oleh ANSI C84.1 – 1995 ketidak-seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3% pada saat tidak dibebani, dan maksimal 6 % untuk sistem yang dibebani”.(ANSI C84.1-1995). %. Pada arus standarnya adalah ANSI C84,1-1995 ketidak-seimbangan arus dapat dikatakan baik apabila  $\leq 20$  %. Pada hasil pengukuran berikut akan ditemukan hasil maksimal dan minimal, indikator hasil nilai maksimal berwarna hijau, sedangkan pada hasil nilai minimal akan berwarna



merah. Dengan begitu hasil pengukuran yang dilakukan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan adalah sebagai berikut.

#### 4.1.1 Frekuensi [Hz]

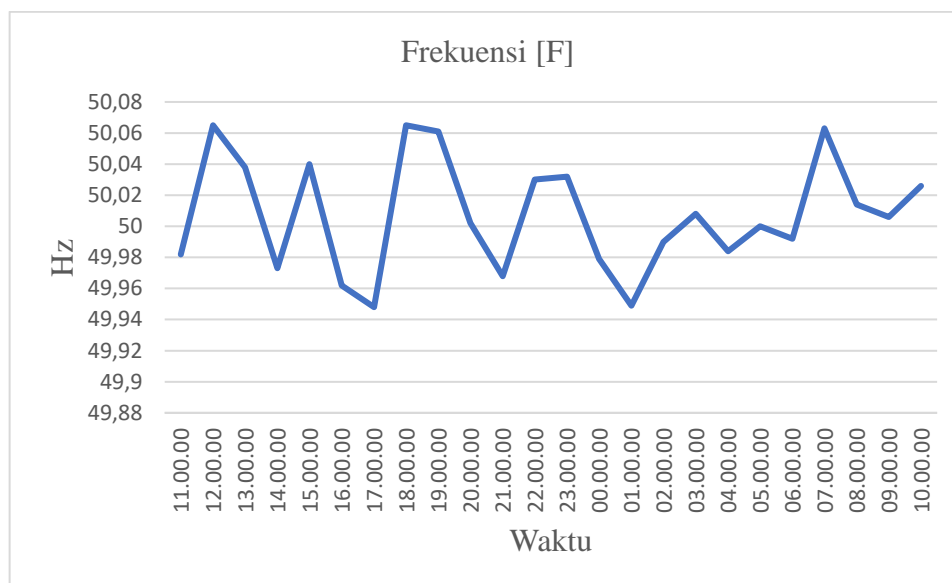
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran frekuensi pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.1 dan gambar grafik pada 4.2.

Tabel 4. 1 Frekuensi panel LVMDP pada saat hari kerja

Waktu	Frekuensi [Hz]
11.00.00	49,982
12.00.00	50,065
13.00.00	50,038
14.00.00	49,973
15.00.00	50,04
16.00.00	49,962
17.00.00	49,948
18.00.00	50,065
19.00.00	50,061
20.00.00	50,002
21.00.00	49,968
22.00.00	50,03
23.00.00	50,032
00.00.00	49,979
01.00.00	49,949
02.00.00	49,99
03.00.00	50,008
04.00.00	49,984
05.00.00	50

Waktu	Frekuensi [Hz]
06.00.00	49,992
07.00.00	50,063
08.00.00	50,014
09.00.00	50,006
10.00.00	50,026

Berdasarkan pada tabel 4.1 maka dapat diperoleh grafik seperti yang ditampilkan pada gambar grafik 4.2 yaitu grafik frekuensi pada panel LVMDP pada hari kerja



Gambar 4. 2 Grafik Frekuensi panel LVMDP pada hari kerja

Setelah diperoleh hasil berdasarkan tabel 4.1 dan gambar grafik 4.2 diketahui frekuensi pada panel LVMDP pada hari kerja dapat diambil nilai maksimum dengan warna hijau dan nilai minimum dengan warna merah yaitu dengan nilai maksimum pada pukul 12.00 dan 18.00 WIB sebesar 50,065 dan nilai minimum pada pukul 17.00 WIB sebesar 49,948 pada hari kerja. Hasil pengukuran frekuensi pada panel LVMDP pada hari kerja masih masuk dalam toleransi karena menurut Standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral

no.37 tahun 2008 nilai “frekuensi nominal 50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz” (Permen ESDM no.37).

#### 4.1.2 Tegangan

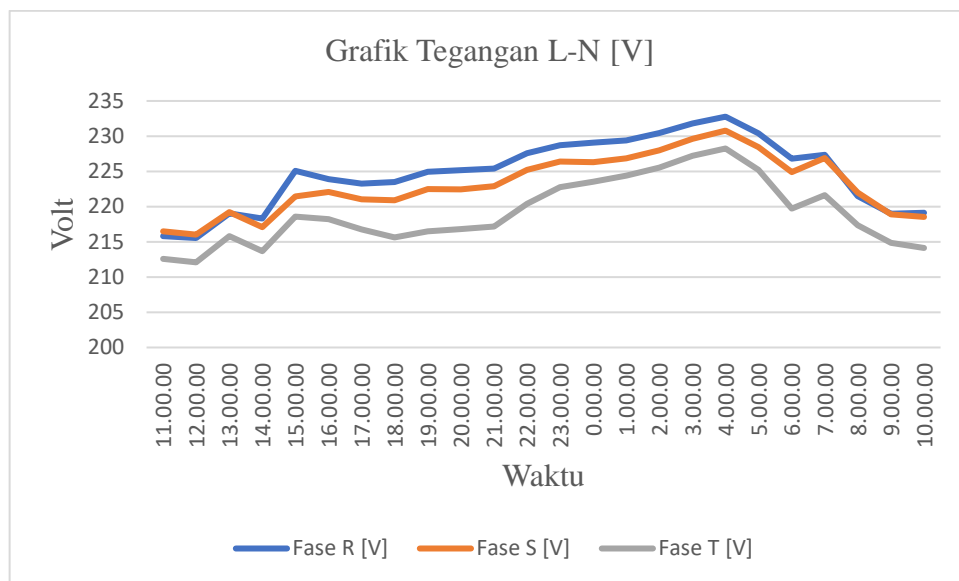
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.2 dan gambar grafik pada 4.3.

Tabel 4. 2 Tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja

Waktu	Tegangan R [V]	Tegangan S [V]	Tegangan T [V]
11.00.00	215,8	216,5	212,56
12.00.00	215,54	216,02	212,09
13.00.00	219,03	219,24	215,82
14.00.00	218,33	217,06	213,69
15.00.00	225,06	221,46	218,59
16.00.00	223,92	222,1	218,23
17.00.00	223,26	221,03	216,76
18.00.00	223,48	220,92	215,63
19.00.00	224,94	222,47	216,47
20.00.00	225,15	222,46	216,81
21.00.00	225,39	222,88	217,19
22.00.00	227,58	225,2	220,39
23.00.00	228,71	226,39	222,77
0.00.00	229,06	226,33	223,55
1.00.00	229,4	226,85	224,38
2.00.00	230,45	227,99	225,55
3.00.00	231,81	229,62	227,23
4.00.00	232,77	230,79	228,25
5.00.00	230,4	228,43	225,22
6.00.00	226,79	224,92	219,72
7.00.00	227,34	226,89	221,64

Waktu	Tegangan R [V]	Tegangan S [V]	Tegangan T [V]
8.00.00	221,48	222,01	217,37
9.00.00	218,99	218,91	214,84
10.00.00	219,13	218,52	214,14

Berdasarkan pada tabel 4.2 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.3 yaitu grafik *Line to Netral* pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 3 Grafik tegangan Pada panel LVMDP

Dari hasil tabel 4.2 dan pada gambar grafik 4.3 diperoleh hasil bahwa tegangan *line to netral* yaitu dengan nilai maksimal terjadi pada pukul 04.00 WIB di masing-masing fase dengan rincian yaitu pada fase R sebesar 232,77 V, pada fase S sebesar 230,79 V dan pada fase T sebesar 228,25 V. Sedangkan nilai minimal terjadi pada pukul 12.00 WIB di masing-masing fase dengan rincian yaitu pada fase R sebesar 215,54 V, pada fase S sebesar 216,02 V, dan pada fase T sebesar 212,09 V. Berdasarkan standar “Permen ESDM No. 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan Titik Sambung untuk Konsumen Tegangan antar fasa yaitu 400 V Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 V merupakan tegangan nominal 400V antar fase dan 230 V fase ke netral. Dengan Batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu

241,5 V tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt” maka dari hasil pengukuran pada tabel 4.2 dan grafik 4.2 antara tegangan *line to netral* dapat dikatakan baik karena masih masuk dalam toleransi.

#### 4.1.3 Arus

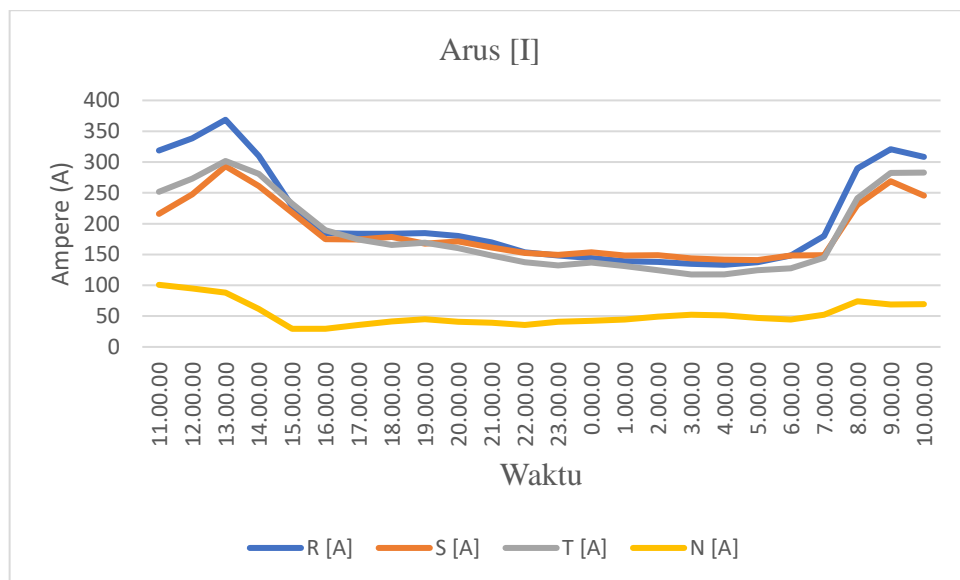
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.3 dan gambar grafik pada 4.4.

Tabel 4. 3 Arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	Arus R [A]	Arus S [A]	Arus T [A]	Arus N [A]
11.00.00	318,94	215,88	251,66	100,75
12.00.00	338,46	247,36	272,91	94,78
13.00.00	368,57	293,21	301,69	88,27
14.00.00	309,61	260,99	280,59	61,43
15.00.00	228,07	217,86	232,7	29,59
16.00.00	184,89	175,04	189,56	29,44
17.00.00	183,77	174,06	174,17	35,64
18.00.00	183,65	178,43	165,36	41,24
19.00.00	184,77	167,8	168,94	44,83
20.00.00	180,01	171,03	160,03	41,04
21.00.00	169,8	161,3	148,58	39,32
22.00.00	153,32	152,45	137,44	35,6
23.00.00	148,39	149,34	132,06	40,9
0.00.00	143,93	153,53	136,85	42,11
1.00.00	139,15	148,26	131,41	44,66
2.00.00	138,07	148,8	124,42	48,98
3.00.00	134,96	143,81	117,55	52
4.00.00	133,23	141,6	117,78	51,05
5.00.00	137,18	140,87	124,5	47,11

Waktu	Arus R [A]	Arus S [A]	Arus T [A]	Arus N [A]
6.00.00	148,1	148,33	127,52	44,58
7.00.00	180,06	149,02	144,53	52,02
8.00.00	289,75	230,59	241,27	73,96
9.00.00	320,55	268,91	282,25	68,84
10.00.00	308,4	245,3	282,84	69,53

Berdasarkan pada tabel 4.3 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.4 yaitu grafik Arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 4 Grafik arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil arus ketiga fase tersebut pada tabel 4.3 dan pada gambar grafik 4.4 diperoleh hasil nilai maksimal yang terjadi pada pukul 11.00 WIB pada arus netral sebesar 100,75 A, pada pukul 13.00 WIB pada arus R sebesar 368,67 A, pada arus S sebesar 293,21 A dan pada arus T sebesar 301,69 A. Sedangkan nilai minimal yang terjadi pada pukul 16.00 WIB pada arus netral sebesar 29,44 A, pada pukul 03.00 WIB pada arus T sebesar 117,55 A, pada pukul 04.00 WIB pada arus R sebesar 133,23 A, dan pada pukul 05.00 WIB pada arus S sebesar 140,87 A. “Apabila jumlah phasor dari ketiga tegangan adalah sama dengan nol, maka dengan jumlah phasor dari arus pada ketiga fase juga sama dengan nol. Jika

impedansi beban dari ketiga fase tidak sama, maka jumlah phasor dan arus netralnya ( $I_n$ ) tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang”. Pada pengukuran arus terjadi ketidakseimbangan beban dengan indikasi terdapat arus netral yang sangat besar yaitu sebesar 100,75 A.

#### 4.1.4 Total Harmonic Distortion Tegangan

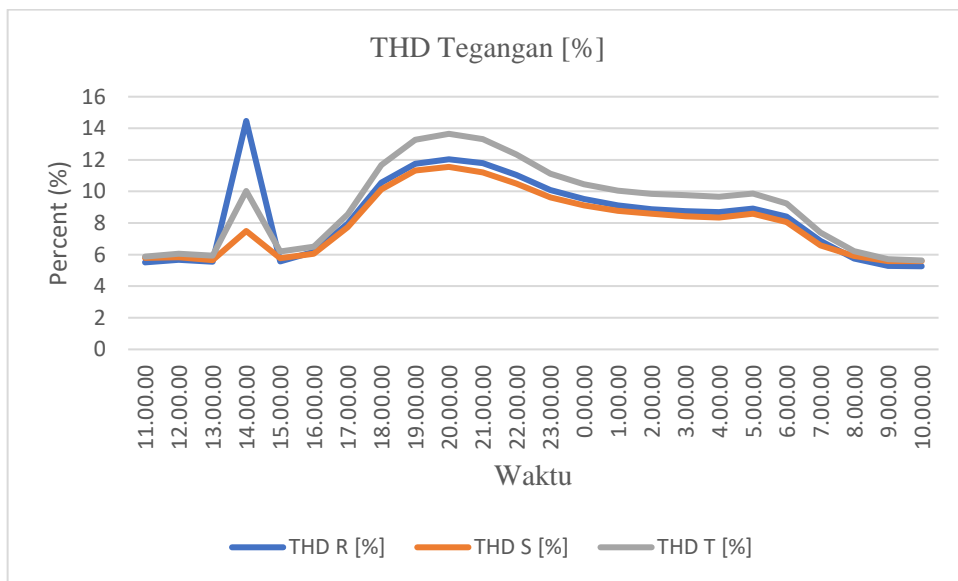
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.4 dan gambar grafik pada 4.5.

Tabel 4. 4 Total Harmonic Distortion (THD) Tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	THD Tegangan R [%]	THD Tegangan S [%]	THD Tegangan T [%]
11.00.00	5,514	5,792	5,869
12.00.00	5,666	5,843	6,059
13.00.00	5,548	5,658	5,943
14.00.00	14,466	7,499	10,027
15.00.00	5,563	5,763	6,2
16.00.00	6,173	6,063	6,496
17.00.00	7,971	7,737	8,554
18.00.00	10,549	10,13	11,673
19.00.00	11,756	11,321	13,281
20.00.00	12,034	11,555	13,649
21.00.00	11,789	11,215	13,312
22.00.00	11,044	10,501	12,34
23.00.00	10,085	9,618	11,123
0.00.00	9,519	9,116	10,447
1.00.00	9,113	8,77	10,049
2.00.00	8,868	8,591	9,854
3.00.00	8,758	8,432	9,757
4.00.00	8,701	8,35	9,658

Waktu	THD Tegangan R [%]	THD Tegangan S [%]	THD Tegangan T [%]
5.00.00	8,911	8,593	9,874
6.00.00	8,408	8,072	9,247
7.00.00	6,864	6,589	7,394
8.00.00	5,751	5,906	6,221
9.00.00	5,292	5,59	5,715
10.00.00	5,262	5,589	5,629

Berdasarkan pada tabel 4.4 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.5 yaitu grafik *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 5 Grafik Total Harmonic Distortion tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.5 diperoleh hasil nilai maksimal yaitu terjadi pada pukul 14.00 WIB pada fase R sebesar 14,466 %, pada pukul 20.00 WIB pada fase S sebesar 11,555 %, dan pada fase T sebesar 13,649 %. Sedangkan nilai minimal



yaitu terjadi pada pukul 10.00 WIB pada fase R sebesar 5,262 %, pada fase S sebesar 5,589 %, dan pada fase T sebesar 5,629 %. Standar IEEE 519-1992 pada tabel 2.1 dijelaskan batas *Total Harmonik Distortion* tegangan dan arus. Suplay tegangan  $\leq 69$  kV nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5\%$ . Hasil pengukuran THD tegangan pada kondisi maksimal dan minimal melebihi batas toleransi yang telah ditentukan. Maka hasil pengukuran THD tegangan dapat dikatakan buruk.

#### 4.1.5 Total Harmonic Distortion Arus

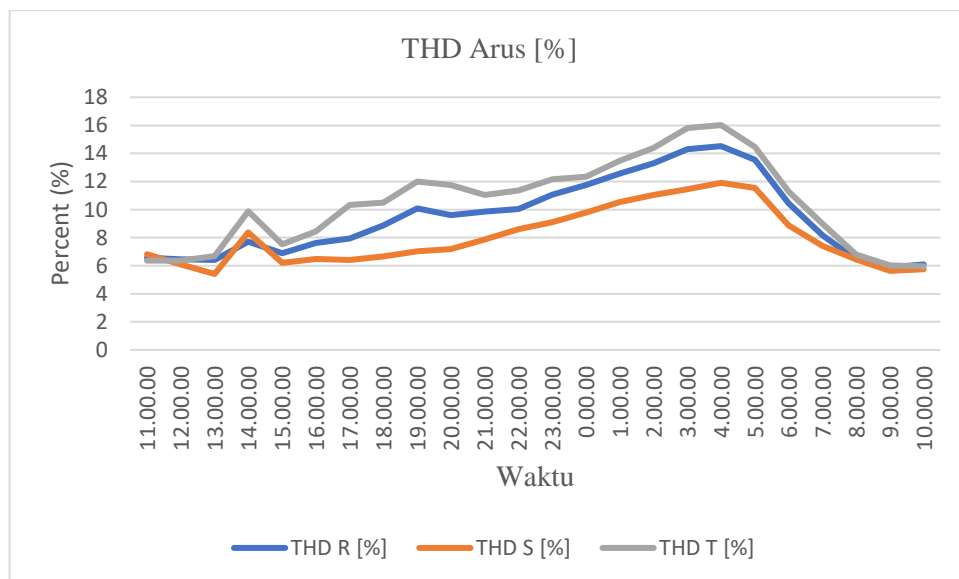
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.5 dan gambar grafik pada 4.6.

Tabel 4. 5 *Total Harmonic Dirtortion* (THD) Arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	THD Arus R [%]	THD Arus S [%]	THD Arus T [%]
11.00.00	6,574	6,824	6,36
12.00.00	6,457	6,098	6,37
13.00.00	6,402	5,414	6,68
14.00.00	7,714	8,367	9,87
15.00.00	6,881	6,204	7,53
16.00.00	7,622	6,484	8,45
17.00.00	7,941	6,402	10,33
18.00.00	8,871	6,661	10,49
19.00.00	10,086	7,024	11,99
20.00.00	9,61	7,187	11,75
21.00.00	9,849	7,878	11,03
22.00.00	10,04	8,593	11,37
23.00.00	11,075	9,105	12,16
0.00.00	11,752	9,778	12,33
1.00.00	12,569	10,536	13,48

Waktu	THD Arus R [%]	THD Arus S [%]	THD Arus T [%]
2.00.00	13,294	11,034	14,39
3.00.00	14,307	11,451	15,8
4.00.00	14,52	11,905	16,02
5.00.00	13,559	11,536	14,47
6.00.00	10,438	8,885	11,3
7.00.00	8,167	7,423	8,98
8.00.00	6,461	6,447	6,79
9.00.00	5,885	5,646	6,02
10.00.00	6,1	5,758	5,96

Berdasarkan pada tabel 4.5 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.6 yaitu grafik Total Harmonic Distortion (THD) arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 6Grafik Total Harmonic Distortion (THD) arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil *Total Harmonic Distortion* (THD) Arus pada tabel 4.5 dan gambar grafik 4.6 diperoleh hasil nilai maksimal yang terjadi pada pukul 04.00

WIB pada fase R sebesar 14,52 %, pada fase S sebesar 11,905 %, dan pada fase T sebesar 16,02 %. Sedangkan pada nilai minimum yang terjadi pada pukul 10.00 WIB pada fase R sebesar 6,1 %, pada fase T sebesar 5,96 %, dan pada pukul 13.00 WIB pada fase S sebesar 5,414 %. Berdasarkan standar IEEE 519-1992 batas *Total Harmonik Distortion* arus. Arus pada range 100 s/d 1000 Ampere nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 15\%$ . Hasil pengukuran THD arus pada kondisi maksimal yang melebihi batas toleransi yaitu pada fase T, sedangkan pada fase R, S, dan kondisi minimal dapat dikatakan baik karena masih masuk dalam toleransi.

#### 4.1.6 Faktor Daya Listrik

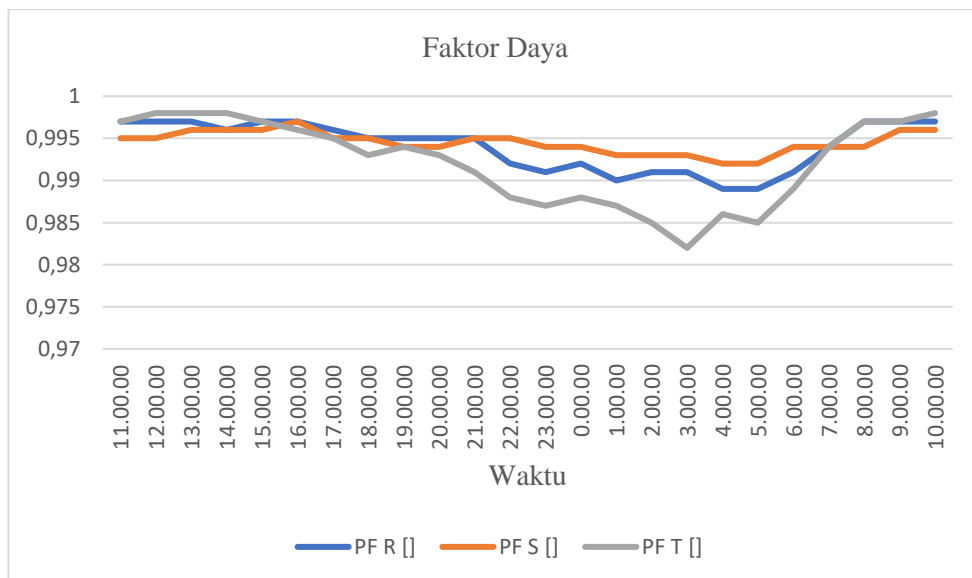
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran faktor daya listrik pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.6 dan gambar grafik pada 4.7.

Tabel 4. 6 Faktor Daya pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	Faktor Daya R	Faktor Daya S	Faktor Daya T
11.00.00	0,997	0,995	0,997
12.00.00	0,997	0,995	0,998
13.00.00	0,997	0,996	0,998
14.00.00	0,996	0,996	0,998
15.00.00	0,997	0,996	0,997
16.00.00	0,997	0,997	0,996
17.00.00	0,996	0,995	0,995
18.00.00	0,995	0,995	0,993
19.00.00	0,995	0,994	0,994
20.00.00	0,995	0,994	0,993
21.00.00	0,995	0,995	0,991
22.00.00	0,992	0,995	0,988
23.00.00	0,991	0,994	0,987
0.00.00	0,992	0,994	0,988
1.00.00	0,99	0,993	0,987

Waktu	Faktor Daya R	Faktor Daya S	Faktor Daya T
2.00.00	0,991	0,993	0,985
3.00.00	0,991	0,993	0,982
4.00.00	0,989	0,992	0,986
5.00.00	0,989	0,992	0,985
6.00.00	0,991	0,994	0,989
7.00.00	0,994	0,994	0,994
8.00.00	0,997	0,994	0,997
9.00.00	0,997	0,996	0,997
10.00.00	0,997	0,996	0,998

Berdasarkan pada tabel 4.6 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.7 yaitu grafik faktor daya listrik pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 7 Grafik faktor daya listrik pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil faktor daya pada tabel 4.6 dan gambar grafik 4.7 diperoleh hasil nilai maksimal yang terjadi pada pukul 11.00-13.00 WIB, 15.00-16.00 WIB, 08.00-10.00 WIB pada fase R sebesar 0,997, pada pukul 16.00 WIB pada fase S sebesar 0,997, dan pada pukul 12.00-14.00 WIB, 10.00 WIB pada fase T sebesar

0,998. Sedangkan pada nilai minimal terjadi pada pukul 04.00-05.00 WIB pada fase R sebesar 0,989, pada fase S sebesar 0,992, dan pada pukul 03.00 WIB pada fase T sebesar 0,982. PT. PLN (persero) selaku penyedia daya listrik memberikan batasan terhadap faktor daya, untuk bangunan gedung diberi batas sebesar 0,85. jika faktor daya rata-rata dibawah angka tersebut maka dikenakan denda Penalti oleh PLN. Maka dengan hasil pengukuran batas nilai maksimal dan nilai minimal faktor daya pada panel LVMDP tersebut dapat dikatakan baik karena masih diatas standar 0,85 yang ditetapkan oleh PT.PLN (persero).

#### 4.1.7 Daya Nyata (P)

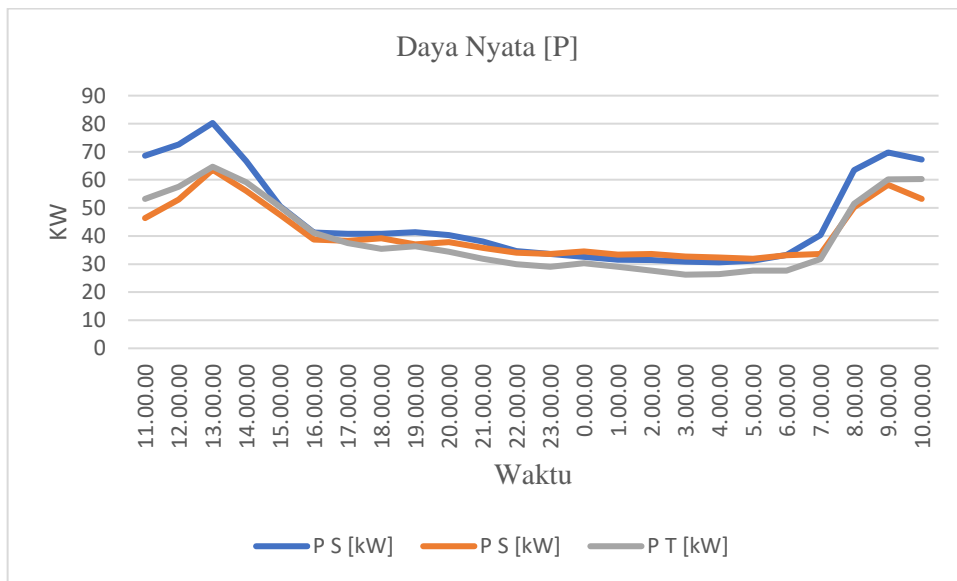
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran daya nyata pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.7 dan gambar grafik pada 4.8.

Tabel 4. 7 Daya nyata pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	P S [kW]	P S [kW]	P T [kW]
11.00.00	68,61	46,43	53,22
12.00.00	72,62	52,97	57,5
13.00.00	80,26	63,61	64,68
14.00.00	66,63	56,06	59,14
15.00.00	50,65	47,57	50,33
16.00.00	41,21	38,72	41,14
17.00.00	40,82	38,26	37,49
18.00.00	40,8	39,15	35,41
19.00.00	41,35	37,07	36,34
20.00.00	40,31	37,79	34,43
21.00.00	38	35,73	31,95
22.00.00	34,6	34,11	29,93
23.00.00	33,62	33,57	29,03
0.00.00	32,6	34,5	30,25
1.00.00	31,55	33,39	29,08
2.00.00	31,43	33,66	27,64

Waktu	P S [kW]	P S [kW]	P T [kW]
3.00.00	30,88	32,74	26,23
4.00.00	30,61	32,39	26,43
5.00.00	31,23	31,9	27,62
6.00.00	33,29	33,11	27,7
7.00.00	40,33	33,57	31,73
8.00.00	63,44	50,25	51,48
9.00.00	69,71	58,27	60,14
10.00.00	67,24	53,25	60,33

Berdasarkan pada tabel 4.7 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.8 yaitu grafik daya nyata pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 8 Grafik daya nyata pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil daya nyata pada tabel 4.7 dan gambar grafik 4.8 diperoleh nilai maksimal yang terjadi pada pukul 13.00 WIB pada fase R sebesar 80,26 KW, pada fase S sebesar 63,61 KW, dan pada fase T sebesar 64,68 KW. Sedangkan pada nilai minimal terjadi pada pukul 03.00 WIB pada fase T sebesar 26,23 KW, pada pukul 04.00 WIB pada fase R sebesar 30,61 KW, dan pada pukul 05.00 WIB pada fase S sebesar 31,9 KW.

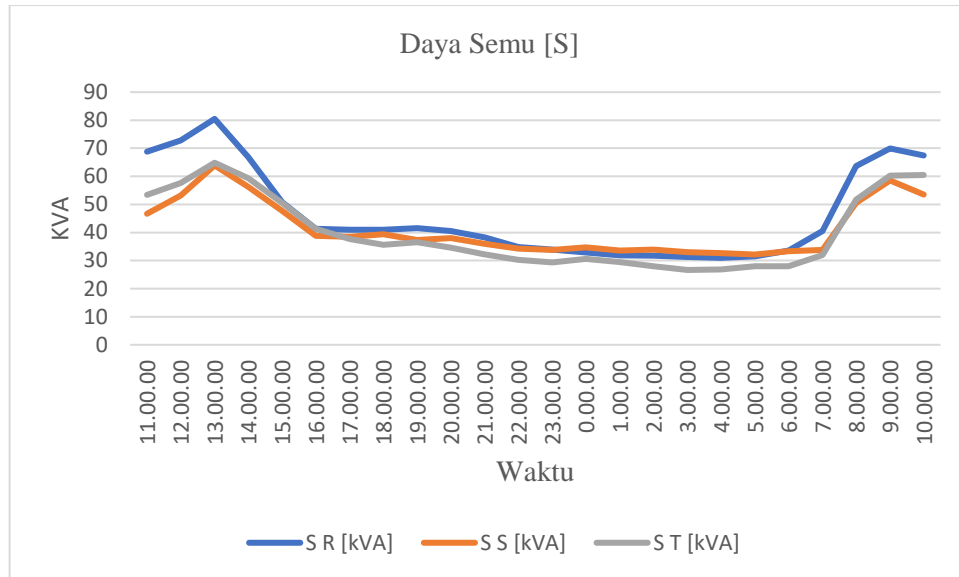
#### 4.1.8 Daya Semu (S)

Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran daya semu pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.8 dan gambar grafik pada 4.9.

Tabel 4. 8 Daya semu pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	S R [kVA]	S S [kVA]	S T [kVA]
11.00.00	68,79	46,67	53,41
12.00.00	72,81	53,22	57,68
13.00.00	80,47	63,9	64,85
14.00.00	66,86	56,29	59,3
15.00.00	50,81	47,75	50,52
16.00.00	41,37	38,84	41,29
17.00.00	40,99	38,44	37,65
18.00.00	41	39,35	35,62
19.00.00	41,53	37,28	36,52
20.00.00	40,5	38,02	34,64
21.00.00	38,21	35,91	32,2
22.00.00	34,86	34,29	30,24
23.00.00	33,91	33,78	29,37
0.00.00	32,93	34,71	30,56
1.00.00	31,87	33,61	29,42
2.00.00	31,77	33,9	28,02
3.00.00	31,24	32,99	26,66
4.00.00	30,98	32,65	26,84
5.00.00	31,55	32,15	27,98
6.00.00	33,56	33,32	27,98
7.00.00	40,57	33,76	31,92
8.00.00	63,66	50,55	51,67
9.00.00	69,94	58,52	60,3
10.00.00	67,46	53,48	60,46

Berdasarkan pada tabel 4.8 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.9 yaitu grafik daya semu pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 9 Grafik daya semu pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil daya semu yang diperoleh dari tabel 4.8 dan gambar grafik 4.9 diperoleh nilai maksimal yang terjadi pada pukul 13.00 WIB pada fase R sebesar 80,47 KVA, pada fase S sebesar 63,9 KVA, dan pada fase T sebesar 64,85 KVA. Sedangkan nilai minimal diperoleh pada pukul 03.00 WIB pada fase T sebesar 26,66 KVA, pada pukul 04.00 WIB pada fase R sebesar 30,98 KVA, dan pada pukul 05.00 WIB pada fase S sebesar 32,15 KVA.

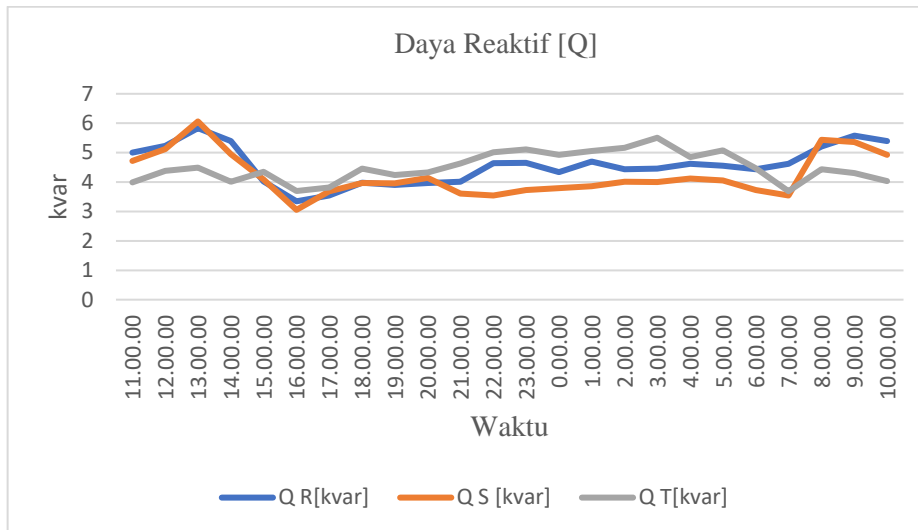
#### 4.1.9 Daya Reaktif (VAR)

Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran daya reaktif pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.9 dan gambar grafik pada 4.10.



Tabel 4. 9 Daya reaktif pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	Q R[kvar]	Q S [kvar]	Q T[kvar]
11.00.00	4,996	4,714	3,992
12.00.00	5,23	5,119	4,379
13.00.00	5,831	6,06	4,489
14.00.00	5,391	4,942	4,011
15.00.00	4,026	4,086	4,346
16.00.00	3,345	3,054	3,693
17.00.00	3,542	3,683	3,811
18.00.00	3,975	3,969	4,454
19.00.00	3,901	3,95	4,236
20.00.00	3,963	4,142	4,322
21.00.00	4,009	3,61	4,633
22.00.00	4,637	3,538	5,01
23.00.00	4,652	3,723	5,113
0.00.00	4,341	3,795	4,92
1.00.00	4,691	3,853	5,051
2.00.00	4,435	4,011	5,168
3.00.00	4,456	3,997	5,506
4.00.00	4,621	4,121	4,846
5.00.00	4,553	4,052	5,073
6.00.00	4,438	3,722	4,465
7.00.00	4,62	3,538	3,688
8.00.00	5,203	5,441	4,429
9.00.00	5,577	5,365	4,301
10.00.00	5,39	4,924	4,033



Gambar 4. 10 Grafik daya reaktif pada LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil daya reaktif yang diperoleh pada tabel 4.9 dan gambar grafik 4.10 diperoleh nilai maksimal yang terjadi pada pukul 13.00 WIB pada fase R sebesar 5,831 kvar, pada fase S sebesar 6,06 kvar, dan pada pukul 03.00 WIB pada fase T sebesar 5,506 kvar. Sedangkan nilai minimal terjadi pada pukul 16.00 WIB pada fase R sebesar 3,345 kvar, pada fase S sebesar 3,054 kvar, dan pada pukul 07.00 WIB pada fase T sebesar 3,688 kvar.

#### 4.1.10 Unbalanced Voltage/ Ketidakseimbangan Tegangan

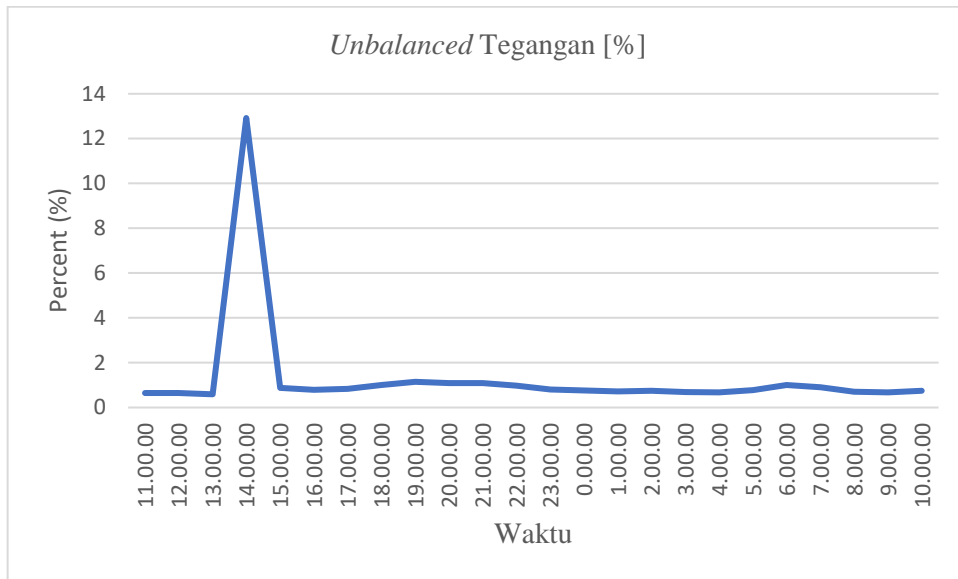
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran *Unbalanced Voltage/* Ketidakseimbangan Tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.10 dan gambar grafik pada 4.11.

Tabel 4. 10 *Unbalanced Voltage* pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	<i>Unbalanced Voltage</i> [%]
11.00.00	0,64
12.00.00	0,64
13.00.00	0,59
14.00.00	12,92
15.00.00	0,87
16.00.00	0,79

Waktu	<i>Unbalanced Voltage</i> [%]
17.00.00	0,83
18.00.00	1,01
19.00.00	1,14
20.00.00	1,09
21.00.00	1,09
22.00.00	0,97
23.00.00	0,8
0.00.00	0,76
1.00.00	0,72
2.00.00	0,74
3.00.00	0,69
4.00.00	0,68
5.00.00	0,77
6.00.00	1,01
7.00.00	0,9
8.00.00	0,7
9.00.00	0,67
10.00.00	0,75

Berdasarkan pada tabel 4.10 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.10 yaitu grafik *Unbalanced Voltage*/Ketidakseimbangan Tegangan pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 11 Unbalanced Voltage/ Ketidak seimbangan tegangan pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil *Unbalanced Voltage*/Ketidakseimbangan Tegangan berdasarkan tabel 4.10 dan gambar grafik 4.11 diperoleh nilai maksimal yang terjadi pada pukul 14.00 WIB sebesar 12,92 %. Sedangkan pada nilai minimal terjadi pada pukul 13.00 WIB sebesar 0,59 %. Berdasarkan standar ANSI C84.1 – 1995 ketidak-seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3% pada saat tidak dibebani, dan maksimal 6 % untuk sistem yang dibebani”.(ANSI C84.1-1995). Maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *Unbalanced Voltage*/Ketidakseimbangan Tegangan dikatakan buruk karena melebihi batas standar ANSI C84.1-1995 pada kondisi maksimal pada pukul 14.00 WIB.

#### 4.1.11 *Unbalanced Current*/Ketidakseimbangan Arus

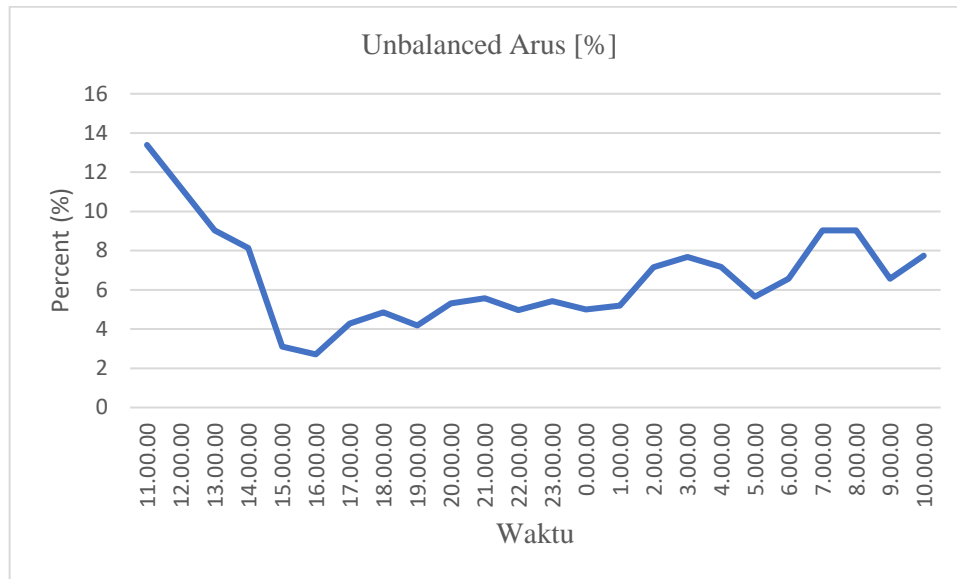
Berikut adalah hasil nilai dari pengukuran *Unbalanced Current*/Ketidakseimbangan Arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja. Dengan hasil pengukuran pada tabel 4.11 dan gambar grafik pada 4.12.

Tabel 4. 11 Unbalanced Current/ Arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Waktu	<i>Unbalanced Current</i> [%]
11.00.00	13,39
12.00.00	11,22

Waktu	<i>Unbalanced Current</i> [%]
13.00.00	9,03
14.00.00	8,13
15.00.00	3,1
16.00.00	2,71
17.00.00	4,29
18.00.00	4,86
19.00.00	4,19
20.00.00	5,31
21.00.00	5,58
22.00.00	4,97
23.00.00	5,42
0.00.00	5
1.00.00	5,2
2.00.00	7,16
3.00.00	7,67
4.00.00	7,18
5.00.00	5,65
6.00.00	6,57
7.00.00	9,03
8.00.00	9,03
9.00.00	6,57
10.00.00	7,74

Berdasarkan pada tabel 4.11 maka diperoleh grafik seperti pada gambar 4.12 yaitu grafik *Unbalanced Current*/Ketidakseimbangan Arus pada panel LVMDP pada saat hari kerja.



Gambar 4. 12 Grafik Unbalanced Current/Ketidakseimbangan Arus pada panel LVMDP pada hari kerja

Berdasarkan hasil *Unbalanced Current*/Ketidakseimbangan Arus yang diperoleh pada tabel 4.11 dan gambar grafik 4.12 diperoleh nilai maksimal yang terjadi pada pukul 11.00 WIB sebesar 13,39 %, sedangkan nilai minimal terjadi pada pukul 16.00 WIB sebesar 2,71 %. Menurut standar ANSI C84,1-1995 ketidakseimbangan arus dapat dikatakan baik apabila  $\leq 20$  %. Maka dari hasil tersebut *Unbalanced Current*/Ketidakseimbangan Arus dapat dikatakan baik karena tidak melebihi batas dari standar yang ditentukan oleh ANSI C84,1-1995.

Maka dari hasil tabel dan grafik pada panel LVMDP yang tersaji, dapat disimpulkan gambaran umum dengan nilai maksimal dan minimal pada tabel 4.12 dengan nilai minimal, dan tabel 4.13 dengan nilai maksimal.

Tabel 4. 12 Nilai minimal dari hasil pengukuran pada panel LVMDP

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Standar	Keterangan
1	Frekuensi [Hz]	49,948				49,5	Baik
2	Tegangan [V]	215,54	216,02	212,09	-	207	Baik
3	Arus[A]	133,23	140,87	117,55	29,44	Seimban ng	Kurang baik

	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Standar	Keterangan
4	THD Tegangan [%]	5,262	5,589	5,629	-	≤5%	Kurang baik
5	THD Arus [%]	6,1	5,414	5,96	-	≤15%	Baik
6	Daya Nyata [KW]	30,61	31,9	26,23	-	-	Baik
7	Daya Semu [KVA]	30,98	32,15	26,66	-	-	Baik
8	Daya Reaktif [KVAR]	3,345	3,054	3,688	-	-	Baik
9	Faktor Daya	0,989	0,992	0,982	-	0,85	Baik
10	Unbalanced Voltage [%]	0,59				≤6%	Baik
11	Unbalanced Current [%]	2,71				≤20%	Baik

Berdasarkan hasil pada tabel 4.12 nilai minimal berdasarkan pengukuran pada panel LVMDP pada hari kerja dapat disimpulkan bahwa kualitas daya yang terukur yang dapat dikatakan baik adalah frekuensi, tegangan, THD arus, Daya nyata, Daya semu, Daya reaktif, Faktor daya, *Unbalanced Voltage*, *Unbalanced Current*. Dari parameter-parameter tersebut dapat dikatakan baik karena tidak melebihi standar yang telah ditentukan. Sedangkan kualitas daya yang terukur yang dapat dikatakan kurang baik adalah Arus dan THD Tegangan, kedua parameter tersebut dikatakan kurang baik karena pada Arus terdapat ketidakseimbangan dan pada THD tegangan melebihi batas yang ditentukan.

Tabel 4. 13 Nilai maksimal dari hasil pengukuran pada panel LVMDP

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Standar	Keterangan
1	Frekuensi [Hz]	50,065				50,5	Baik
2	Tegangan [V]	232,77	230,79	228,25	-	241,5	Baik
3	Arus[A]	368,57	293,21	301,69	100,75	Seimbang	Kurang baik
4	THD Tegangan [%]	14,466	11,555	13,649	-	$\leq 5\%$	Kurang baik
5	THD Arus [%]	14,52	11,905	16,02	-	$\leq 15\%$	Kurang baik
6	Daya Nyata [KW]	80,26	63,61	64,68	-	-	Baik
7	Daya Semu [KVA]	80,47	63,9	64,85	-	-	Baik
8	Daya Reaktif [KVAR]	5,831	6,06	5,506	-	-	Baik
9	Faktor Daya	0,997	0,997	0,998	-	0,85	Baik
10	Unbalanced Voltage [%]	12,92				$\leq 6\%$	Kurang baik
11	Unbalanced Current [%]	13,39				$\leq 20\%$	Baik

Berdasarkan hasil pada tabel 4.13 nilai maksimal berdasarkan pengukuran pada panel LVMDP pada hari kerja dapat disimpulkan bahwa kualitas daya yang terukur yang dapat dikatakan baik adalah frekuensi, tegangan, Daya nyata, Daya semu, Daya reaktif, Faktor daya, *Unbalanced Current*. Dari parameter-parameter tersebut dapat dikatakan baik karena tidak melebihi standar yang telah ditentukan. Sedangkan kualitas daya yang terukur yang dapat dikatakan kurang baik adalah Arus, THD Tegangan, THD Arus dan Unbalanced Voltage parameter-parameter tersebut dikatakan kurang baik karena pada parameter arus terjadi





ketidakseimbangan dan pada THD Tegangan, THD Arus dan *Unbalanced Voltage* melebihi standar yang telah ditentukan.

#### 4.3 Mencari *Power Losses* Akibat Harmonisa dan Ketidakseimbangan beban.

##### 4.3.1 Besar Ukuran Hambatan pada Pengantar

Untuk mencari besar *Power Losses* hal yang perlu diketahui terlebih dahulu adalah besar hambatan pada kabel pengantar. Kabel penghantar pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan dari Transformator menuju *Main Distribution Panel* (MDP) menggunakan ukuran kabel penghantar setiap fasa dan netral yang digunakan adalah kabel dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup>. Dengan jenis kabel yang digunakan adalah kabel berjenis NYY dengan luas penampang kabel 240 mm<sup>2</sup>, apabila dengan panjang kabel sepanjang 1 kilometer (km) yang memiliki hambatan sebesar 0,0754 Ohm ( $\Omega$ ). Dengan jarak dari transformator ke *Main Distributor Panel* (MDP) menggunakan kabel dengan panjang 10 meter. Maka hambatan pada kabel NYY dengan luas penampang sebesar 240 mm<sup>2</sup> dan panjang 10 meter memiliki hambatan sebesar 0,000754 Ohm ( $\Omega$ ).

CHARACTERISTICS							
No of. Core	Size	Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Short Circuit Current at 1 sec.	AC Voltage Test
		Conductor	Insulation	In Ground	In Air		
							
-	mm <sup>2</sup>	Ohm / km	M. Ohm.km	Amper	Amper	KA	KV / 5 min
1	1,5	12,1	50	33	26	0,17	3,5
1	2,5	7,41	50	45	35	0,29	3,5
1	4	4,61	50	58	46	0,46	3,5
1	6	3,08	40	74	58	0,70	3,5
1	10	1,83	30	98	80	1,16	3,5
1	16	1,15	30	129 / 132	105 / 107	1,86	3,5
1	25	0,727	30	169 / 172	140 / 143	2,91	3,5
1	35	0,524	20	210 / 214	175 / 179	4,07	3,5
1	50	0,387	20	250 / 255	215 / 219	5,81	3,5
1	70	0,268	20	310 / 316	270 / 275	8,14	3,5
1	95	0,193	20	375 / 383	335 / 342	11,05	3,5
1	120	0,153	20	425 / 434	390 / 398	13,95	3,5
1	150	0,124	20	480 / 490	445 / 454	17,44	3,5
1	185	0,0991	20	550 / 561	510 / 520	21,51	3,5
1	240	0,0754	20	640 / 653	620 / 632	27,91	3,5
1	300	0,0601	20	730 / 745	710 / 724	34,88	3,5
1	400	0,0470	20	855 / 872	850 / 867	46,51	3,5
1	500	0,0366	20	990 / 1010	1000 / 1020	58,14	3,5

Gambar 4. 13 Tabel Karakteristik Kabel Penghantar

### 4.3.2 Nilai Ordo Harmonisa pada Panel LVMDP

Tabel 4. 14 Nilai Ordo Harmonisa

No.	Ordo	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Satuan
1	1	439,57	369,1	367,03	143,28	Ampere
2	3	25,04	20,65	23,071	53,99	Ampere
3	5	18,86	15,68	20,84	9,44	Ampere
4	7	10,59	10,004	7,862	6,526	Ampere
5	9	7,648	10,696	10,194	25,45	Ampere
6	11	9,099	7,318	7,871	4,84	Ampere
7	13	6,383	6,455	5,119	3,233	Ampere
8	15	2,287	2,23	1,899	3,864	Ampere
9	17	1,659	1,536	1,089	0,624	Ampere
10	19	0,961	1,133	0,964	0,575	Ampere
11	21	0,461	0,978	0,996	0,579	Ampere
12	23	0,484	0,978	0,776	0,439	Ampere
13	25	0,334	0,633	0,267	0,209	Ampere
14	27	0,318	0,444	0,606	0,391	Ampere
15	29	0,261	0,573	0,658	0,464	Ampere

No.	Ordo	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Satuan
16	31	0,337	0,58	0,576	0,301	Ampere
17	33	0,225	0,58	0,497	0,146	Ampere
18	35	0,248	0,58	0,525	0,159	Ampere
19	37	0,244	0,586	0,511	0,148	Ampere
20	39	0,244	0,567	0,452	0,129	Ampere
21	41	0,225	0,617	0,432	0,124	Ampere
22	43	0,185	0,592	0,432	0,123	Ampere
23	45	0,147	0,604	0,422	0,138	Ampere
24	47	0,147	0,617	0,378	0,133	Ampere
25	49	0,112	0,271	0,363	0,133	Ampere

#### 4.3.3 Mencari *Power Losses* pada tiap fasa (R,S,T) dan Netral

Untuk mencari *Power Losses* pada tiap fasa dan netral menggunakan rumus:

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_R}^2 (W) - \text{Power Losses Fasa R}$$

$$\Delta P_S = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_S}^2 (W) - \text{Power Losses Fasa S}$$

$$\Delta P_T = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_T}^2 (W) - \text{Power Losses Fasa T}$$

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_N}^2 (W) - \text{Power Losses Netral}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa R

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n Rph \times Ik_R^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_R = & (0,0000754 \times 439,57^2) + (0,0000754 \times 25,04^2) + (0,0000754 \times \\ & 18,86^2) + (0,0000754 \times 10,59^2) + (0,0000754 \times 7,648^2) + \\ & (0,0000754 \times 9,099^2) + (0,0000754 \times 6,383^2) + (0,0000754 \times \\ & 2,287^2) + (0,0000754 \times 1,659^2) + (0,0000754 \times 0,961^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,961^2) + (0,0000754 \times 0,484^2) + (0,0000754 \times \\ & 0,334^2) + (0,0000754 \times 0,318^2) + (0,0000754 \times 0,261^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,337^2) + (0,0000754 \times 0,225^2) + (0,0000754 \times \\ & 0,248^2) + (0,0000754 \times 0,244^2) + (0,0000754 \times 0,244^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,225^2) + (0,0000754 \times 0,185^2) + (0,0000754 \times \\ & 0,147^2) + (0,0000754 \times 0,147^2) + (0,0000754 \times 0,112^2) \end{aligned}$$

=14,744939 Watt

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa S

$$\Delta P_S = \sum_{k=1}^n Rph \times Ik_S^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_S = & (0,0000754 \times 369,1^2) + (0,0000754 \times 20,65^2) + (0,0000754 \times \\ & 15,68^2) + (0,0000754 \times 10,004^2) + (0,0000754 \times 10,696^2) + \\ & (0,0000754 \times 7,318^2) + (0,0000754 \times 6,455^2) + (0,0000754 \times \\ & 2,23^2) + (0,0000754 \times 1,536^2) + (0,0000754 \times 1,133^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,978^2) + (0,0000754 \times 0,978^2) + (0,0000754 \times \\ & 0,633^2) + (0,0000754 \times 0,449^2) + (0,0000754 \times 0,573^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,58^2) + (0,0000754 \times 0,58^2) + (0,0000754 \times 0,58^2) + \\ & (0,0000754 \times 0,586^2) + (0,0000754 \times 0,567^2) + (0,0000754 \times \end{aligned}$$

$$0,617^2) + (0,0000754 \times 0,592^2) + (0,0000754 \times 0,604^2) + \\ (0,0000754 \times 0,617^2) + (0,0000754 \times 0,271^2) = 10,373168 \text{ Wat}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa T

$$\Delta P_T = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_T}^2$$

$$\Delta P_T = (0,0000754 \times 367,03^2) + (0,0000754 \times 23,071^2) + (0,0000754 \times \\ 20,84^2) + (0,0000754 \times 7,862^2) + (0,0000754 \times 10,194^2) + \\ (0,0000754 \times 7,871^2) + (0,0000754 \times 5,119^2) + (0,0000754 \times \\ 1,899^2) + (0,0000754 \times 1,089^2) + (0,0000754 \times 0,964^2) + \\ (0,0000754 \times 0,996^2) + (0,0000754 \times 0,776^2) + (0,0000754 \times \\ 0,267^2) + (0,0000754 \times 0,606^2) + (0,0000754 \times 0,658^2) + \\ (0,0000754 \times 0,576^2) + (0,0000754 \times 0,497^2) + (0,0000754 \times \\ 0,525^2) + (0,0000754 \times 0,511^2) + (0,0000754 \times 0,452^2) + \\ (0,0000754 \times 0,432^2) + (0,0000754 \times 0,432^2) + (0,0000754 \times \\ 0,422^2) + (0,0000754 \times 0,378^2) + (0,0000754 \times 0,363^2) \\ = 10,242989 \text{ Watt}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* Netral

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_N}^2$$

$$\Delta P_N = (0,0000754 \times 143,28^2) + (0,0000754 \times 53,99^2) + \\ (0,0000754 \times 9,44^2) + (0,0000754 \times 6,526^2) + (0,0000754 \times \\ 25,45^2) + (0,0000754 \times 4,84^2) + (0,0000754 \times 3,233^2) + \\ (0,0000754 \times 3,864^2) + (0,0000754 \times 0,624^2) + (0,0000754 \times \\ 0,575^2) + (0,0000754 \times 0,579^2) + (0,0000754 \times 0,439^2) + \\ (0,0000754 \times 0,209^2) + (0,0000754 \times 0,391^2) + (0,0000754 \times \\ 0,464^2) + (0,0000754 \times 0,301^2) + (0,0000754 \times 0,146^2) + \\ (0,0000754 \times 0,159^2) + (0,0000754 \times 0,148^2) + (0,0000754 \times \\ 0,129^2) + (0,0000754 \times 0,124^2) + (0,0000754 \times 0,123^2) +$$

$$(0,0000754 \times 0,138^2) + (0,0000754 \times 0,133^2) + (0,0000754 \times 0,133^2) = 1,826935 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan maka *Power Losses* akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa pada fasa (R, S, T dan N) didapat nilai sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Nilai Total Power Losses akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa.

Fasa R (Wh)	Fasa S (Wh)	Fasa T (Wh)	Fasa N (Wh)	Total (Wh)
14,744	10,373	10,242	1,826	37,188

#### 4.3.4 Perhitungan Besar Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

##### 4.3.4.1 Menghitung Tarif Dasar Listrik Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan

Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan dalam pembayaran tarif tenaga listriknya termasuk dalam golongan tarif S-3 yaitu tarif dasar listrik untuk pelayanan sosial yang bersifat komersial dengan batas daya diatas 200 KVA. Biaya yang ada pada golongan ini ada dua macam, yaitu biaya Waktu Beban Puncak (WBP) dan biaya Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Berikut adalah perhitungan WBP dan LWBP :

a. Biaya Waktu Beban Puncak (WBP)

Waktu beban puncak dari PLN setiap harinya pukul 18:00 – 22:00. Bila dihitung maka waktu beban puncak selama 5 jam.

$$\text{Biaya } WBP = K \times P \times 735$$

$$\text{Biaya } WBP = 1,4 \times 1,3 \times 735$$

$$\text{Biaya } WBP = \text{Rp. } 1.338 \text{ per } - \text{ Kwh}$$

b. Luar Biaya Waktu Beban Puncak (LWBP)

Luar waktu beban puncak dari PLN setiap harinya pukul 23:00 – 17:00 Bila dihitung maka luar waktu beban puncak selama 19 jam.

$$\text{Biaya } LWBP = P \times 735$$

$$\text{Biaya LWBP} = 1,3 \times 735$$

$$\text{Biaya LWBP} = \text{Rp. 956 per} - \text{Kwh}$$

K = Faktor perbandingan antara WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ( $1.4 \leq K \leq 2$ ) ditetapkan oleh PLN.

P = Faktor pengali untuk pembeda antara S-3 bersifat sosial murni dengan S-3 bersifat sosial komersial

- Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial murni P = 1

- Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial komersial P = 1,3

c. Perhitungan Biaya Rata-Rata

$$\begin{aligned} \text{Biaya Rata - rata} &= \frac{(WBP \times 5) + (LWBP \times 19)}{24} \\ &= \frac{(1.338 \times 5) + (956 \times 19)}{24} \\ &= \frac{9.690 + 18.164}{24} \\ &= \text{Rp. 1036 per} - \text{kWH} \end{aligned}$$

#### 4.3.4.2 Perhitungan Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

Untuk mengetahui kerugian yang diperoleh oleh konsumen yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban dan harmonisa, maka perlu dicari kerugian per-hari, per-bulan, dan per-tahun. Jika diasumsikan setiap bulan adalah 30 hari, maka kerugian yang diperoleh adalah

Tabel 4. 16 Besar Biaya Kerugian Akibat Power Losses

Besar Power Losses ( $\Delta P$ ) [kWh]	0,037188
Besar Power Losses perhari ( $\Delta P \times 24$ ) [kWh]	0,892512
Biaya akibat Power Losses perhari ( $\Delta P$ perhari X Rp 1.036)	Rp 924,6
Biaya akibat Power Losses perbulan	Rp 27.739,2
Biaya akibat Power Losses pertahun	Rp 332.870,4

#### 4.3.5 Perbaikan Harmonisa Dengan *Filter Passive Single Tuned*

Fungsi dari *Filter Passive Single Tuned* adalah untuk meredam harmonisa dengan mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan pada sistem tenaga listrik. Sebelum merancang filter ini maka perlu diketahui atau ditemukan terlebih dahulu yaitu permasalahan yang ada pada sistem yang ingin diteliti. Dalam merancang *Filter Passive Single Tuned* maka yang harus diketahui terlebih dahulu adalah nilai harmonisa tiap orde yang ada pada sistem yang diamati. Rangkaian *Filter Passive Single Tuned* akan mereduksi nilai harmonisa tiap orde yang melebihi batas standart IEEE yaitu 12 % untuk orde harmonisa kurang dari sama dengan orde ke-11. Berikut data nilai harmonisa berdasarkan persentase pada orde 3,5,7 dan 9. Orde 1 tidak termasuk yang harus diketahui terlebih dahulu karena orde 1 adalah termasuk orde fundamental atau orde yang berasal dari sumber.

Tabel 4. 17 Tabel Harmonisa Orde ke 3

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
11.00.00	6,36	6,3	5,45
12.00.00	6,23	4,89	5,27
13.00.00	6,66	4,49	4,85
14.00.00	50,29	96,13	89,02
15.00.00	5,94	6,73	8,33
16.00.00	7,12	4,78	10,47
17.00.00	8,42	9,43	13,21
18.00.00	12,48	7,08	11,49
19.00.00	12,48	7,94	12,72
20.00.00	11,5	7,23	12,94
21.00.00	11,53	8,6	10,97
22.00.00	10,62	9,5	12,41
23.00.00	12,07	10,29	13,16
00.00.00	13,56	11,27	14,99
01.00.00	14,16	11,34	16,01
02.00.00	15,42	11,97	17,54



Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
03.00.00	15,16	12,19	18,71
04.00.00	15,26	13,07	19,25
05.00.00	13,82	12,01	17,91
06.00.00	11,31	10,69	13,99
07.00.00	9,37	11,01	11,39
08.00.00	7,28	7,69	6,78
09.00.00	6,12	5,53	5,62
10.00.00	6,39	5,37	4,84

Dari tabel 4.17 diperoleh hasil nilai maksimum harmonisa berdasarkan persentase pada pukul 14.00 WIB dengan nilai Fase R sebesar 50,29 %, Fase S sebesar 96,13 % dan pada Fase T sebesar 89,02 %.

Tabel 4. 18 Tabel Harmonisa Orde ke 5

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
11.00.00	4,48	4,02	5,99
12.00.00	5,03	5,07	6,74
13.00.00	5,31	5,33	7,37
14.00.00	25,95	53,36	76,25
15.00.00	6,1	6,67	9,33
16.00.00	6,2	5,35	7,26
17.00.00	6,44	5,18	7,11
18.00.00	6,99	5,43	7,75
19.00.00	7,2	5,52	7,78
20.00.00	7,5	6,13	8,4
21.00.00	8,07	6,39	8,86
22.00.00	8,35	6,44	9,25
23.00.00	7,49	6,2	8,78
00.00.00	6,73	5,91	7,99

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
01.00.00	6,05	5,78	7,33
02.00.00	5,59	5,37	6,94
03.00.00	5,21	5,1	5,83
04.00.00	5,55	5,4	5,95
05.00.00	5,85	5,16	5,96
06.00.00	5,18	4,5	5,24
07.00.00	6,16	4,64	6,82
08.00.00	5,64	4,37	6,86
09.00.00	5,31	4,6	6,61
10.00.00	4,48	3,67	5,43

Dari tabel 4.18 diperoleh hasil nilai maksimum harmonisa berdasarkan persentase pada pukul 14.00 WIB dengan nilai Fase R sebesar 25,95 %, Fase S sebesar 53,36 % dan pada Fase T sebesar 76,25 %.

Tabel 4. 19 Tabel Harmonisa Orde ke 7

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
11.00.00	1,22	3,35	1,75
12.00.00	1,22	2,74	1,79
13.00.00	1	2,57	1,46
14.00.00	19,77	40,79	58,9
15.00.00	1,74	2,26	1,77
16.00.00	2,42	2,76	2,19
17.00.00	1,98	3,26	1,97
18.00.00	3,02	2,8	2,88
19.00.00	3,51	2,78	3,61
20.00.00	3,63	2,69	3,86
21.00.00	3,21	2,6	3,01
22.00.00	2,79	3,6	2,46

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
23.00.00	3,37	3,3	1,75
00.00.00	4,08	3,73	1,86
01.00.00	4,69	3,84	1,85
02.00.00	4,62	3,83	2,51
03.00.00	4,69	3,91	2,68
04.00.00	3,98	4,32	2,95
05.00.00	3,66	4,29	2,89
06.00.00	3,18	4,88	3,06
07.00.00	1,94	4,41	1,97
08.00.00	1,11	2,96	1,7
09.00.00	1,07	2,76	1,71
10.00.00	1,2	2,95	1,28

Dari tabel 4.19 diperoleh hasil nilai maksimum harmonisa berdasarkan persentase pada pukul 14.00 WIB dengan nilai Fase R sebesar 19,77 %, Fase S sebesar 40,79 % dan pada Fase T sebesar 589 %.

Tabel 4. 20 Tabel Harmonisa Orde ke 9

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
11.00.00	0,65	3,16	1,22
12.00.00	0,58	2,49	1,03
13.00.00	0,48	2,35	0,87
14.00.00	14	55,33	55,6
15.00.00	1,8	2,63	1,82
16.00.00	2,15	3,04	2,16
17.00.00	1,68	2,52	2,41
18.00.00	1,18	1,9	1,36
19.00.00	1,44	2,1	1,45
20.00.00	1,48	2	1,02

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
21.00.00	1,36	1,94	1,14
22.00.00	1,69	2,75	1,96
23.00.00	2,24	3,03	2,75
00.00.00	2,58	3,53	2,96
01.00.00	2,78	4,45	4,37
02.00.00	3,05	4,64	5,71
03.00.00	3,51	4,34	5,92
04.00.00	3,53	4,89	6,16
05.00.00	3,15	4,81	6,21
06.00.00	2,4	4,23	4,07
07.00.00	2,16	4,4	4,19
08.00.00	1,08	3,49	2,7
09.00.00	1,06	2,79	1,31
10.00.00	1,09	2,73	1,15

Dari tabel 4.20 diperoleh hasil nilai maksimum harmonisa berdasarkan persentase pada pukul 14.00 WIB dengan nilai Fase R sebesar 14 %, Fase S sebesar 55,33 % dan pada Fase T sebesar 55,6 %.

Tabel 4. 21 Tabel Harmonisa Orde ke 11

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
11.00.00	0,25	1,63	0,44
12.00.00	0,34	1,28	1
13.00.00	0,61	1,24	1,27
14.00.00	11,6	40,74	61,83
15.00.00	1,23	1,37	1,08
16.00.00	1,76	1,88	1,32
17.00.00	1,95	2,01	1,94
18.00.00	1,7	2,29	1,79

Waktu	Fase R [%]	Fase S [%]	Fase T [%]
19.00.00	1,47	1,95	1,74
20.00.00	1,43	1,95	1,51
21.00.00	1,96	2,26	2,09
22.00.00	3,4	3,66	3,53
23.00.00	4	3,21	4,09
00.00.00	4,93	3,33	3,97
01.00.00	5,19	3,69	4,59
02.00.00	4,95	3,69	4,62
03.00.00	4,93	3,35	5,07
04.00.00	4,99	3,55	4,44
05.00.00	4,68	3,67	4,92
06.00.00	3,76	3,75	3,78
07.00.00	2,17	2,05	2,57
08.00.00	0,81	1,5	1,46
09.00.00	0,33	1,13	0,88
10.00.00	0,33	1,25	0,49

Dari tabel 4.21 diperoleh hasil nilai maksimum harmonisa berdasarkan persentase pada pukul 14.00 WIB dengan nilai Fase R sebesar 11,6 %, Fase S sebesar 40,74 % dan pada Fase T sebesar 61,83 %. Dari hasil data nilai tersebut maka nilai maksimum pada tiap orde dapat di tulisa kembali dalam bentuk tabel sebagai berikut:

*Tabel 4. 22 Tabel Harmonisa Orde 3*

Orde 3 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	50,29
Fasa S	96,13
Fasa T	89,02

Tabel 4. 23 Tabel Harmonisa Orde ke 5

Orde 5 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	25,95
Fasa S	53,36
Fasa T	76,25

Tabel 4. 24 Tabel Harmonisa Orde ke 7

Orde 7 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	19,77
Fasa S	40,79
Fasa T	58,90

Tabel 4. 25 Tabel Harmonisa Orde ke 9

Orde 9 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	14,00
Fasa S	55,33
Fasa T	55,60

Diketahui bahwa harmonisa setiap orde pada setiap tabel mempunyai nilai melebihi 12% atau dengan kata lain nilai harmonisa pada orde disetiap fase melebihi batas standar. Maka dari ketiga tabel tersebut diambil nilai harmonisa yang paling besar yaitu pada orde 3 fase S dengan nilai 96,13 %.

Kemudian dicari nilai *Filter Passive Single Tuned* pada orde ke-3. Maka nilai filturnya adalah :

### 1. Spesifikasi Resistor

Diketahui nilai maksimum arus harmonisa pada orde ke-3 yaitu 53,99 Ampere, dan tegangan kerja pada panel yaitu 380 V.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{380 \text{ V}}{53,99}$$

$$R = 7,038 \Omega$$

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \text{ V} \times 53,99 \text{ A}$$

$$P = 20.516 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai resistor yang digunakan yaitu 15,17  $\Omega$  dan rating daya nya yaitu 9.515,4 watt.

### 2. Q Faktor :

Diketahui nilai Q faktor yaitu 30-100. Maka nilai yang diilih 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 7,038$$

$$X_n = 211,14 \Omega$$

### 4. Spesifikasi Induktor :

Frekuensi *tunning* pada harmonisa ke-3 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{211,14}{2 \times 3,14 \times 145}$$

$$L = 0,231 \text{ H}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai induktor yang digunakan yaitu 0,231 H dan rating arusnya yaitu 53,99 A.

#### 5. Spesifikasi Kapasitor:

Frekuensi *tunning* pada harmonisa orde ke-3 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

$$C = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 145)211,14}$$

$$C = 5,2 \times 10^{-6} \mu F$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai kapasitor yang digunakan yaitu  $5,2 \times 10^{-6} \mu F$

Maka diperoleh spesifikasi Filter Pasif *Single Tuned* untuk mereduksi harmonisa pada orde ke-3 sebagai berikut:

Tabel 4. 26 Spesifikasi Filter Pasif Single Tuned untuk Orde ke-3

<b>Filter Pasif <i>Single Tuned</i> orde ke-3</b>	
<b>Keterangan</b>	<b>Ukuran Spesifikasi</b>
$X_c = X_L$	211,14 $\Omega$
R	7,038 $\Omega$
P	20.516 Watt
L	0,231 H
C	$5,2 \times 10^{-6} \mu F$

Pemasangan Filter *Pasif Single Tuned* ini dipasang di dekat daya listrik, hal ini dimaksudkan untuk mencegah harmonisa menuju sumber. Ada tiga toeri yang dapat digunakan dalam pemasangan filter, yaitu *Global*



*Compensation* dimana filter dipasang pada panel utama yang mencakup keseluruhan instalasi sistem, *Compensation by swctor* dimana filter dipasang pada panel pembagian yang lebih dekat dengan beban, *Compensation of Individual Loads* dimana filter dipasang tepat sebelum beban yang akan direduksi. Dalam hal ini, untuk Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan maka Filter *Pasif Single Tuned* dipasang dengan sistem *Global Compensation* dimana filter dipasang pada panel LVMDP yang mencakup keseluruhan instalasi sistem yaitu pada *outgoing* trafo.

#### 4.4 Analisis Tekno Ekonomi Pemasangan *Passive Filter*

Pada Analisa Tekno Ekonomi yaitu pemasangan *Passive Filter* pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan memuat tentang hal yang terkait dengan ekonomi dan hal teknis yang perlu dihitung sehingga memperoleh hasil yang layak untuk dilakukannya sebuah investasi. Dalam hal ini Tekno Ekonomi memuat tentang estimasi biaya pemasangan alat dan studi kelayakan investasi. Sedangkan studi kelayakan investasi meliputi *Payback periode*, *Net Present Value*, dan *Internal rate of return*.

Untuk *Passive Filter* yang digunakan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 27 Spesifikasi Alat

Spesifikasi	
Nama Alat	Schneider VW3A46127
Jenis	<i>Passive Filter</i>
Load Current, 400V AC	60 A @400V AC
Load Power , 400V AC	30 kW @400V AC
Frekuensi	50 Hz
Efficiency	<=98 %
Wire /Conductor size (max)	2.5 mm <sup>2</sup> (A & B),2,5...50 mm <sup>2</sup> (X1-1..X2-3)
Weight	106 Kg
Dimension (mm)	H=61 mm W =80 mm D= 60 mm
Price/ Harga	£2.330,30 (Rp.42.000.000,-)



Gambar 4. 14 Gambar *Passive Filter*

#### 4.4.1 Estimasi Biaya

Pada Estimasi Biaya yang perlu diketahui adalah *cash flow* yaitu arus kas yang terjadi. Sedangkan *cash flow* dibagi menjadi dua yaitu *cash inflow* dan *cash outflow*.

##### 1) *Cash Outflow* ( $C_t$ )

Hal ini berbentuk pembayaran awal atau biaya yang dikeluarkan pada awal investasi, sehingga *Cash Oulow* dapat dinyatakan:

*Cash Outflow* ( $C_t$ ) = Harga *Passive Filter* x Biaya Pemasangan Alat

$$= \text{Rp.}42.000.000 + \text{Rp.}2.000.000$$

$$= \text{Rp.}44.000.000,-$$

##### 2) *Cash Inflow* ( $Q_t$ )

*Cash Inflow* adalah biaya pendapatan yang diperoleh tiap tahun melalui hasil keuntungan penghematan dari pemasangan alat yaitu:

*Cash Inflow* ( $Q_t$ ) = Biaya akibat Power Losses pertahun x efisiensi alat

$$= \text{Rp } 332.872,- \times 98 \%$$

$$= \text{Rp.}326.215,-$$

### 3) *Net Cash Flow* ( $Q_t - C_t$ )

Keuntungan yang diperoleh setiap tahun. Bisa dikatakan juga *Net Cash Flow* adalah selisih antara *Cash Inflow* ( $Q_t$ ) dengan *Cash Outflow* ( $C_t$ ) dalam hitungan tahun. Sehingga apabila Investasi berjalan selama 10 tahun akan mejadi seperti tabel.

Tabel 4. 28 Nilai Net Cash Flow ( $Q_t - C_t$ )

Parameter dalam	Tahun 0 (Rupiah)	Tahun 1 (Rupiah)	Tahun 2 (Rupiah)	Tahun 3 (Rupiah)	Tahun 4 (Rupiah)	Tahun 5 (Rupiah)	Tahun 6 (Rupiah)	Tahun 7 (Rupiah)	Tahun 8 (Rupiah)	Tahun 9 (Rupiah)	Tahun 10 (Rupiah)
<i>Cash Inflow</i> ( $Q_t$ )		326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215
Cash Outflow ( $C_t$ )	44.000.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Net Cash Flow</i> ( $Q_t - C_t$ )	-44.000.000	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215

Pada tabel tersebut perawatan dilakukan pada awal pemasangan alat sehingga pada *Cash Outflow* tidak ada biaya yang harus dikeluarkan sehingga *Cash Inflow* akan maksimal.

#### 4.4.2 Studi Kelayakan Investasi

Studi kelayakan dilakukan untuk mengetahui apakah Investasi yang dilakukan pantas untuk tetap dijalankan atau tidak harus dilakukan. Studi Kelayakan Investasi meliputi *Payback periode*, *Net Present Value*, dan *Internal Rate of Return*.

##### 1) *Payback Periode*

*Payback periode* adalah jumlah tahun yang dibutuhkan untuk mengembalikan Investasi awal dengan perhitungan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{PBP} &= \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{Laba}} \\ &= \frac{\text{Rp.44.000.000}}{\text{Rp.326.215}} \\ &= 134,5 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

Maka jumlah tahun yang dibutuhkan untuk mengembalikan Investasi awal adalah selama 134,5 Tahun.

##### 2) *Net Present Value*

*Net Present Value (NVP)* merupakan perbandingan kelayakan proyek oleh investor pada titik awal proyek. Dasar metode ini adalah merupakan selisih antara nilai sekarang penerimaan (benefit) dan nilai sekarang (cost). Perlu ditetapkan dahulu tingkat suku bunga (discount rate) untuk menentukan nilai sekarang penerimaan dan pengeluaran (Kadariah, 1988). Oleh karena itu berdasarkan Bank Indonesia suku bunga acuan atau (*i*) pada bulan Mei 2019 adalah sebesar 6%. Berdasarkan kelayakan Investasi kriteria NPV adalah >0 (diterima/menguntungkan), =0 (ditolak), <0 (ditolak/merugikan). Pada Investasi yang dilakukan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan adalah selama 10 tahun. Dalam perhitungan *Net Present Value (NPV)* terdapat harus menyertakan perhitungan *Present Worth Factor* ( (  $(1 + i)^{-t}$  ). Sehingga nilai *Net Present Value (NPV)*  $= \sum_t (Q_t - C_t) \times (1 + i)^{-t}$ .

Tabel 4.29 Nilai Net Present Value (NPV)

Parameter dalam	Tahun 0 (Rupiah)	Tahun 1 (Rupiah)	Tahun 2 (Rupiah)	Tahun 3 (Rupiah)	Tahun 4 (Rupiah)	Tahun 5 (Rupiah)	Tahun 6 (Rupiah)	Tahun 7 (Rupiah)	Tahun 8 (Rupiah)	Tahun 9 (Rupiah)	Tahun 10 (Rupiah)
<i>Cash Inflow</i> ( $Q_t$ )		326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215
Cash Outflow ( $C_t$ )	44.000.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Net Cash Flow</i> ( $Q_t - C_t$ )	-44.000.000	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215	326.215
<i>Present Worth Factor</i> $((1 + i)^{-t})$	1	0,9433	0,8899	0,8396	0,7920	0,7472	0,7049	0,6650	0,6274	0,5918	0,5583
<i>Net Present Value</i> = $(Q_t - C_t) \times (1 + i)^{-t}$	-44.000.000	307.319	290.299	273.890	258.362	243.748	229.949	216.933	204.667	193.054	182.126
$NPV_{t=\sum_t(Q_t - C_t) \times (1+i)^{-t}}$	$NPV_t = -41.599.653$										

Berdasarkan tabel 4. 29 Diatas hasil *Net Present Value* ( $NPV_t$ ) diperoleh dari hasil *Net Cash Flow* dengan hasil sama sebesar Rp.326.215,- pada tiap tahunnya. Kemudian berdasarkan suku bunga yang ditentukan oleh Bank Indonesia dengan *interest* ( $i$ ) sebesar 6% di peroleh *Present Worth Value* pada tiap tahunnya yang digunakan untuk mencari Net Present Value ( $NPV$ ). Sehingga hasil Investasi selama 10 tahun dilakukan jika dibandingkan dengan biaya awal untuk Investasi akan diperoleh *Net Present Value* tahunan selama *life time* ( $t$ ) ( $NPV_t$ ) sebesar -Rp. 41.803.920,7.

### 3) *Internal Rate of Return* ( $IRR$ )

Setelah diperoleh nilai *Net Present Value* langkah selanjutnya adalah mencari Internal Rate of Return, sedangkan *Internal Rate of Return* ( $IRR$ ) didefinisikan sebagai nilai diskonto yang didapat melalui cara coba-coba yang mempersamakan nilai total alias kas pemasukan (keuntungan) saat ini sesudah pajak yang diharapkan, dengan nilai total biaya pembelanjaan modal (modal kerja ataupun modal tetap) saat ini. Untuk lebih mudahnya,  $IRR$  adalah nilai diskonto melalui cara coba-coba yang memberikan nilai  $NPV = 0$  (Verbaan, 2001).

Berdasarkan hasil pada tabel 4.29. Menyebutkan bahwa nilai Net Present Value investasi selama 10 tahun memberikan hasil sebesar Rp.-41.599.653 sedangkan syarat untuk melanjutkan sebuah proyek adalah nilai Net Present Value  $>0$  atau melebihi nol maka proyek tersebut dikatakan menguntungkan atau dapat dilanjutkan. Dari hal tersebut nilai *Internal Rate of Return* tidak dapat dicari karena nilai NPV kurang dari nol, sehingga proyek tersebut tidak dapat dilanjutkan dan invesatsi tersebut tidak menguntungkan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengukuran kualitas daya listrik berupa: Frekuensi, Tegangan, Arus, Faktor Daya, Daya Semu, Daya Nyata, Daya Reaktif, Ketidakseimbangan Tegangan/*Unbalanced Voltage*, Ketidakseimbangan Arus/*Unbalanced Current*, *Total Harmonic Distortion Current*, dan *Total Harmonic Distortion Voltage*. Yang dilakukan pada panel LVMDP di Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan pada 16 April 2019 selama 24 jam dengan *interval* setiap satu jam satu kali pengambilan sehingga dari pengukuran tersebut didapatkan hasil:

- a) Arus dinilai tidak seimbang karena ketiga vektor arus tidak sama besar sehingga menimbulkan arus netral dengan nilai minimal 29,44 Ampere dan nilai maksimal 100,75 Ampere, berdasarkan teori yang dipakai yaitu kurangnya seimbang antara fase R, S, T dan Netral yang tidak sama besar dan terdapat arus pada fase netral.
- b) Didapat pula nilai minimum pada *Total Harmonic Distortion Voltage* yang tidak memenuhi standar IEEE 519-1992 dengan supplay tegangan  $\leq 69$  kV adalah  $\leq 5\%$ . Selain itu semua parameter pada nilai minimum adalah baik.
- c) Begitu pula pada *Unbalanced Voltage* tidak memenuhi standar yang tentukan oleh ANSI C84.1-1995 yaitu melebihi standar  $\leq 6\%$ .
- d) Pada segi biaya yang dikeluarkan akibat *losses* yang ditimbulkan adalah sebesar Rp 332.870,4. Hal tersebut yang menjadi dasar untuk mengambil analisa tekno ekonomi. Sehingga dari hal tersebut dapat dianalisa secara Tekno Ekonomi dengan estimasi investasi selama 10 tahun dan *interest* yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia pada bulan Mei 2019 sebesar 6%, memperoleh hasil  $NPV_t = -Rp.41.803.920,7$  maka berdasarkan teori kelayakan investasi jika nilai  $NPV \leq 0$  maka investasi yang dilakukan tersebut tidak dapat dilanjutkan karena berdasarkan hal tersebut investasi yang dilakukan tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian yang di dapat pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan.



## 5.2 Saran

Pada permasalahan *Unbalanced* dan Arus perlu dilakukan penyeimbangan pada beban tiap fase dan mengurangi arus Netral, karena arus pada kawat Netral sebagai rugi-rugi daya sehingga apabila arus Netral semakin besar maka semakin besar pula nilai rugi-rugi daya. Maka perlu dilakukan penyeimbangan pada tiap fase sehingga arus Netral akan semakin kecil dan nilai rugi-rugi daya akan semakin kecil pula.

Pada analisa Tekno Ekonomi yang terlampaui lama *Payback Period*nya alangkah lebih baik untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya, sehingga *losses* yang ditimbulkan dalam tidak terlampaui tinggi. Karena apabila tetap akan menggunakan *Passive Filter* harga alat tersebut terlampaui mahal dan tidak dianjurkan karena akan mengeluarkan harga yang mahal pula dan juga tujuan audit energi dapat terealisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Bimasakti Mahardika. 2017. "Audit Energi dan Sistem Pencahayaan Gedung D Universitas Muhammadiyah Yogyakarta." Tugas Akhir UMY: Yogyakarta.
- Ghifari, Syauqi Al. 2015. "Audit Energi Listrik di Rumah Sakit." Tugas Akhir UMY: Yogyakarta.
- Kusmantoro, Adhi, dan Agus Nuwolo. 2015. "Identifikasi Kualitas Daya Listrik Gedung Universitas PGRI Semarang." Prosiding SNST 1-7.
- Gunawan, Indra. 2017. " Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Pada Industri." Tugas Akhir UMY: Yogyakarta.
- PLN. 2012. *Power Quality ( Regulasi Harmonisa, Flicker dan Ketidakseimbangan Tegangan)*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Putra, Yudi Adriko, dan Edy Ervianto. 2016. "Pengaruh Beban Nonlinear Terhadap Keberadaan Arus Netral Di Gedung Pusat Komputer Universitas Riau." JOM FTEKNIK 1-8.
- Safe'i, Muhammad. 2018. "ANALISIS Evaluasi Kapasitas Genset Sebagai Sistem *back-up* Energi Listrik di Gedung Jogjatronik Mall." Yogyakarta
- Sugiarto, Hadi. 2012. "Kajian Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak." *Vokasi* 80-89.
- Sumarno, Edy, dan Syaiful Bakhri. 2014. "Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Harmonisa Pada Variable Speed Drive Tiga Fasa." *Sigma Epsilon* Vol 18. No 3-4 78-88.
- Nugroho, Slamet Supriyo. 2018. *Analisis Harmonik Arus dan Tegangan Pada Gedung AR Fachrudin B Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Skripsi: Yogyakarta.
- Wijayanto, Dimas Bangkit. 2108. "Audit Energi gedung G5 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta." Tugas Akhir UMY: Yogyakarta.

- Prasetijo, Hari. 2012. *Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonik Pada Instalasi Beban Non-linier*. Universitas Jenderal Soedirman. Purbaingga.
- Mustamam. 2017. *Penggunaan Passive Filter Single Tuned Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Juicer*. Jurusan Pend. Teknik Elektro. F. T. UNIMED.
- Widiantara, I Putu Alit Angga, I Wayan Rinas, dan Antonius Ibi Weking. 2016. *Analisis Pengaruh Pengoperasian Beban-beban Non-linier Terhadap Distorsi Harmonisa Pada Blue Point Bay Villa & Spa*. E-Journal SPEKTRUM Vol. 3.
- Assafat, Luqman. 2009. *Pengukuran Dan Analisa Kualitas Daya Listrik Di Paviliun Garuda Rumah Sakit DR.Karyadi Semarang*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Riska, Andi, Fitria Pebriyanti San, Muh.Ali Resky, dan Sri Merdekawati J. 2012. *Resonansi R-L-C*. UNM.
- Hart, Barnley L Cape. 2011. *Guide to Energy Management*. The Fairmount Press.
- Turner, Wayne C. 2012. *Energy Management Handbook*. The Fairmount Press.
- Saputra, Yusup Adi. 2019. *Analisis Profil Tegangan Dan Arus Pada Gedung Layanan Kesehatan PKU Muhammadiyah Yogyakarta*. Tugas Akhir UMY:Yogyakarta.
- Fadilah, Nurohman. 2019. *Studi Analisis harmonik Arus Dan Tegangan Pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Tugas Akhir UMY: Yogyakarta.
- Standar IEEE 519-1992. *Batas Total Harmonik Distrortion Tegangan dan Arus*.
- Standar ANSI C84.1-1995. *Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus*.
- Irawan, Abny, Alfin hikmaturokhman, dan Dadiek Pranindito. 2018. *Analisis Tekno Ekonomi Perancangan 4G LTE Di Kabupaten Banyumas*. Jurnal ECOTIPE.

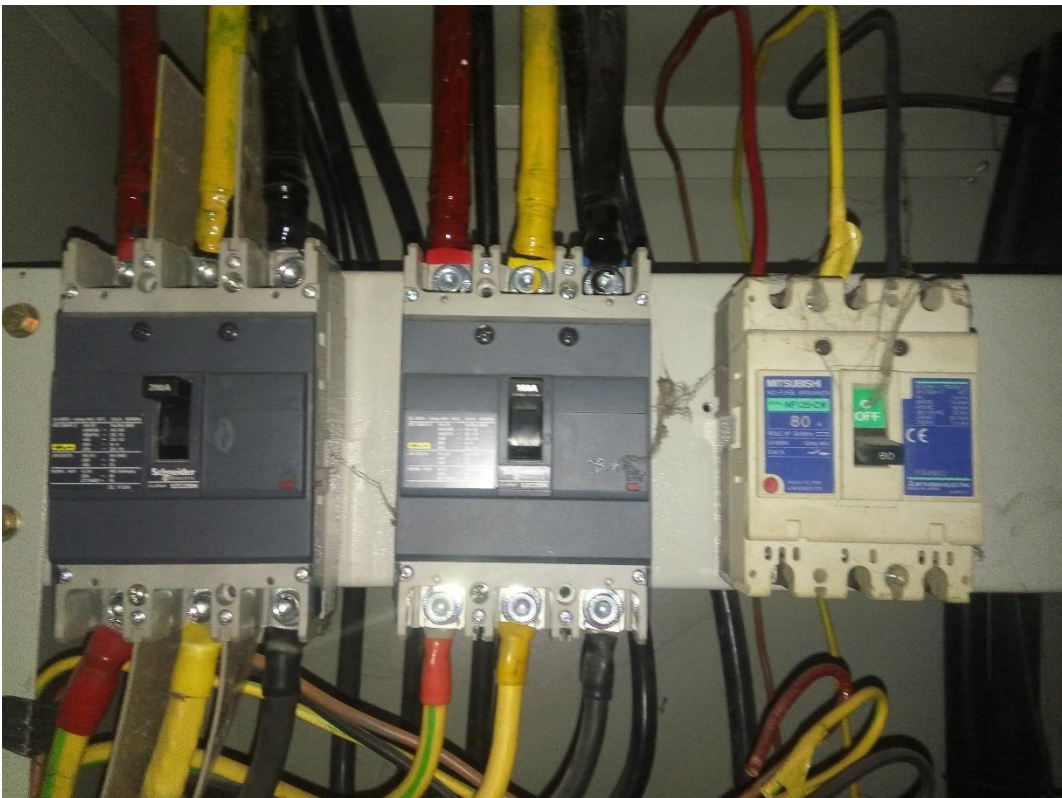
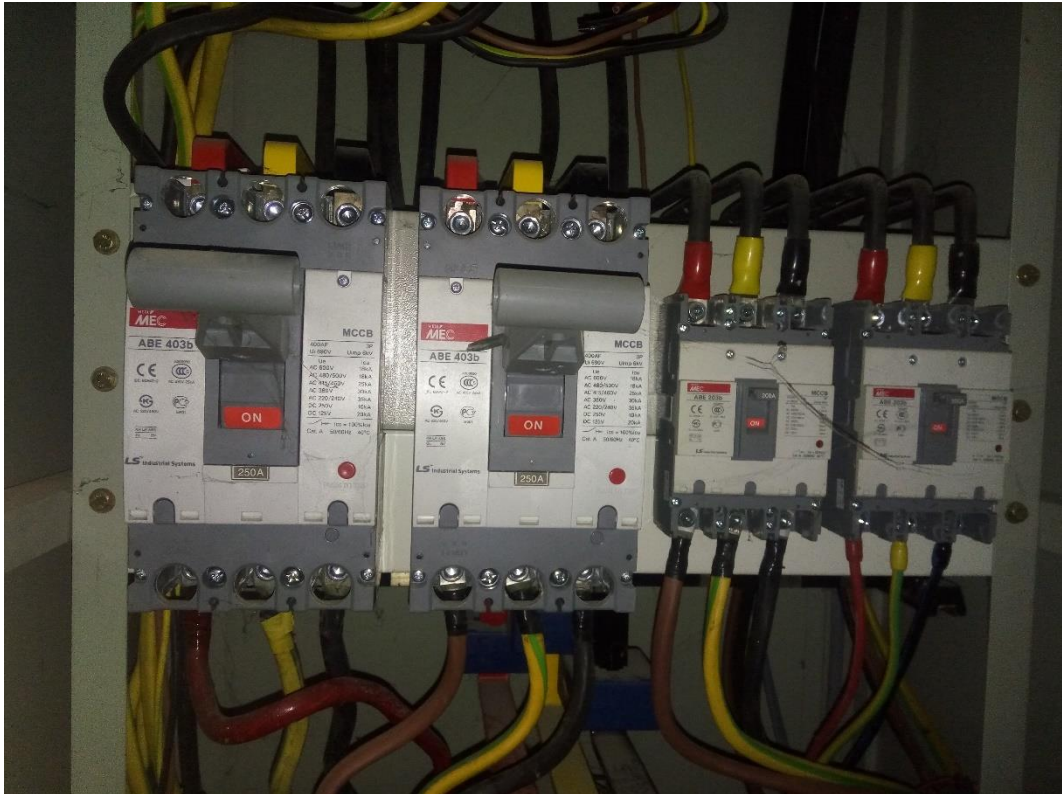
- Antono Djodi, Adi Wasono, Lukas Joko Dwi Atmanto. 2015. *Pengaruh Filter Pasif Pada Jaringan Listrik Akibat Pembebanan AC Inverter 1 HP dan 2 HP*. Politeknik Negeri Semarang.
- Makmur, Azhar Zahar. 2016. *Analisis Pembebanan Genset di Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Tugas Akhir UMY.
- Ghifari, Syauqi Al. 2015. *Audit Energi Listrik di Rumah Sakit*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

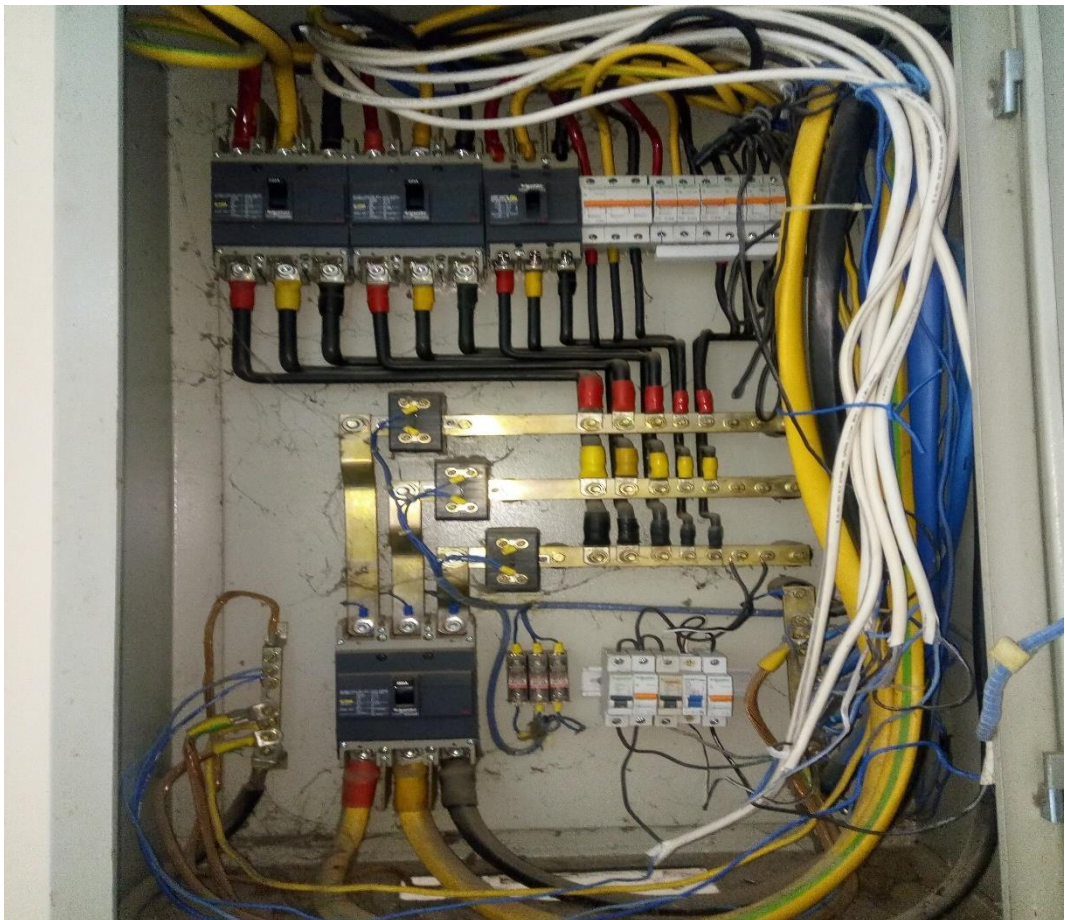
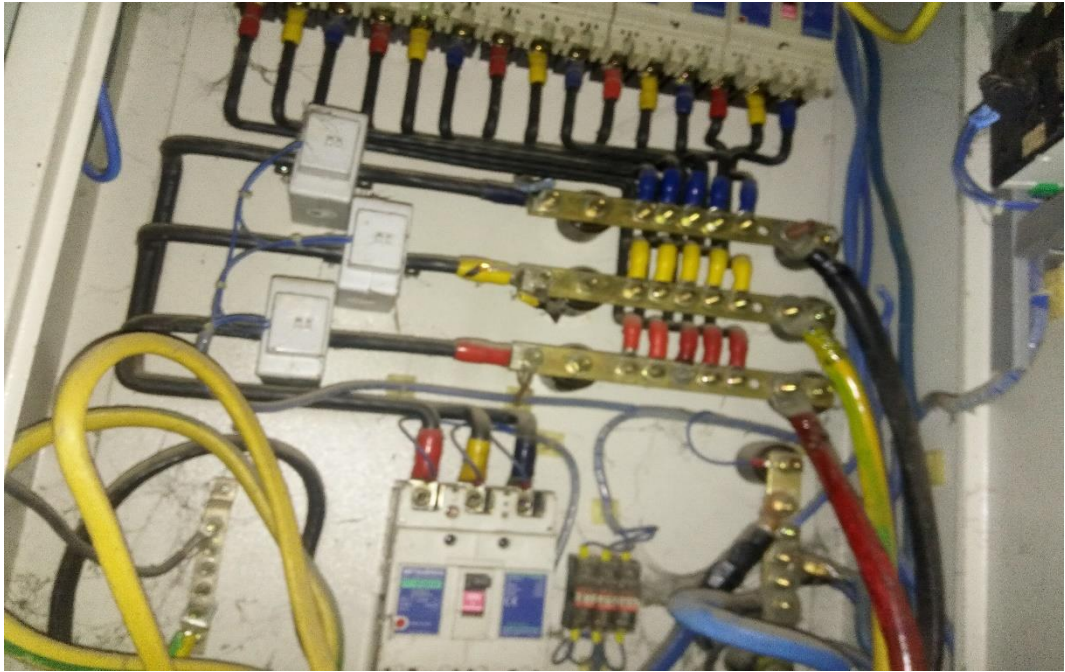
## DAFTAR LAMPIRAN

### Sistem kelistrikan pada Rumah Sakit Umum Daerah Muntilan











## Spesifikasi *Passive Filter*

### Product data sheet Characteristics

VW3A46105  
passive filter - 30 A - 400 V - 50 Hz - for variable  
speed drive



#### Main

Product or component type	Passive filter
Product specific application	Reduction of current harmonics

#### Complementary

Range compatibility	Altivar 61 Altivar 71 Altivar Process ATV600 Altivar Process ATV900
[Us] rated supply voltage	400 V (+/- 10 %)
Power supply frequency	50 Hz (tolerance: +/- 2 %)
Quantity per drive	1 filter per drive for variable speed drive ATV61W motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV61H motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV71H motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV71W motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV650 wall mount, motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV630 wall mount, motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV950 wall mount, motor: 15 kW / 20 hp 1 filter per drive for variable speed drive ATV930 wall mount, motor: 15 kW / 20 hp
[In] rated current	29 A for input 30 A for output
Network number of phases	3 phases
THDI	10 % for variable speed drive ATV61W motor: 15 kW / 20 hp 16 % for variable speed drive ATV61H motor: 15 kW / 20 hp 16 % for variable speed drive ATV71H motor: 15 kW / 20 hp 16 % for variable speed drive ATV71W motor: 15 kW / 20 hp 10 % for variable speed drive ATV650 motor: 15 kW / 20 hp 10 % for variable speed drive ATV630 motor: 15 kW / 20 hp 10 % for variable speed drive ATV950 motor: 15 kW / 20 hp 10 % for variable speed drive ATV930 motor: 15 kW / 20 hp
Max current	1.5 x nominal current (duration = 60 s)
Efficiency	<= 98 %
Thermal losses	224 W
Cos phi	1 at 150 % of line current 0.85 at 75 % of line current 0.99 at 100 % of line current
Electrical connection	X1-1...X2-3 terminal, connection capacity: 0.5...10 mm <sup>2</sup> A, B terminal, connection capacity: 2.5 mm <sup>2</sup>
Electrical insulation class	Class F

Jun 13, 2019

Libby On Schneider

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

Product weight	25 kg
----------------	-------

#### Environment

IP degree of protection	IP55 (enclosure mounting) IP20
Vibration resistance	2 mm peak to peak (f = 5...13.2 Hz) conforming to EN 60068-2-6 0.7 gn (f = 13.2...150 Hz) conforming to EN 60068-2-6
Relative humidity	5...85 % without condensation
Ambient air temperature for operation	> 45...60 °C with current derating 3 % per °C 5...45 °C without current derating
Ambient air temperature for storage	> -25...55 °C storage in original packaging > -25...65 °C during transport
Operating altitude	≤ 1000 m without current derating > 1000...4000 m with current derating 5 % per 1000 m
Standards	EN/IEC 61000-3-2 EN/IEC 61000-3-12 EN/IEC 61000-3-4 EN/IEC 61000-2-2 EN/IEC 61000-2-4 G5/4 engineering recommendation

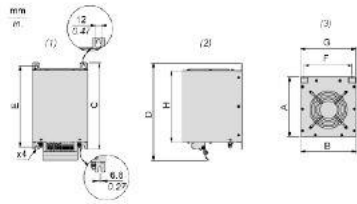
#### Offer Sustainability

RoHS (date code: YYWW)	Compliant  <a href="#">Schneider Electric declaration of conformity</a>
------------------------	---

Product data sheet  
Dimensions Drawings

VW3A46105

Dimensions



- (1) Front view
- (2) Right side view
- (3) Top view

Dimensions in mm

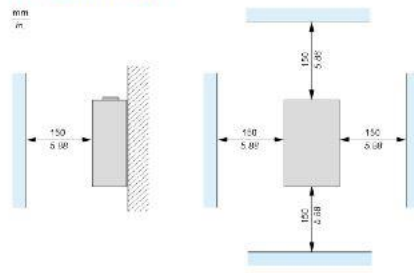
A	B	C	D	E	F	G	H
247.5	232	399.55	436.11	380	205	230	350

Dimensions in in.

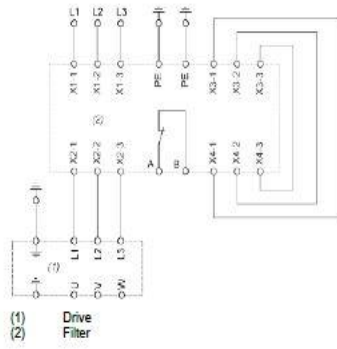
A	B	C	D	E	F	G	H
9.74	9.13	15.73	17.17	14.96	8.07	9.06	13.78

Mounting Recommendations

Vertical Mounting Only



Recommended Schema



## Harga Passive Filter

The screenshot shows the Farnell website interface for the product VW3A46127 - PASSIVE FLTR, VAR SPEED DRIVE, 400V/60A. The product is manufactured by Schneider Electric. The price is listed as £2,330.00 per unit. The page also includes a 'Back Order' button and a 'Technical Docs' section.

Quantity	Price
1+	£2,330.00

**Product Information:**

- Accessory Type: Passive Filter
- For Use With: Schneider Electric Altivar 61, 71, Process ATV600 & Process ATV900 Series Variable Speed Drives
- Product Range: Altivar Series

## Aplikasi Power View Quality Analyzer

