

**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**

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 Budiyo, 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

LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
SURAT PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
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

BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
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
BAB III.....	35
METODOLOGI PENELITIAN	35
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
BAB IV	42
PEMBAHASAN	42
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
BAB V.....	92
KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
DAFTAR LAMPIRAN	97

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