



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK PADA GEDUNG
IMERI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
INDONESIA**

SKRIPSI

Luthfi Afif Riansyah

1406552332

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

KEKHUSUSAN TEKNIK TENAGA LISTRIK

DEPOK

MEI 2018



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK PADA GEDUNG
IMERI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Luthfi Afif Riansyah

1406552332

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

KEKHUSUSAN TEKNIK TENAGA LISTRIK

DEPOK

MEI 2018

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Luthfi Afif Riansyah

NPM : 1406552332

Tanda Tangan :



Tanggal : 3 Mei 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Luthfi Afif Riansyah

NPM : 1406552332

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Kualitas Daya Listrik pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Dewan Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dewan Penguji

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, M.T.

Penguji : Ir. Agus R Utomo, M.T.

Penguji : Ir. I Made Ardita Y, M.T.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Mei 2018

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “**Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia**”. Penelitian seminar ini disusun untuk memenuhi syarat dalam mata kuliah skripsi di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam penulisan seminar ini tentunya saya selaku penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak di lingkungan sekitar dan universitas. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih mulai dari pemberian materi, bimbingan, petunjuk, dan dukungan dari segi mori dan materil. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Amien Rahardjo, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua beserta Keluarga yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, doa, dan semangat kepada penulis.
3. Bapak Arief selaku Penanggung Jawab Bidang Pemeliharaan Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia beserta jajaran teknisi yang telah membantu serta membimbing penulis selama pengambilan data,
4. Teman-teman angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan, semangat, bantuan, dan doa kepada penulis.

Penulis berharap Tuhan YME dapat membalas kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam melakukan penulisan. Untuk itu penulis berharap agar pembaca dapat memberikan kritik serta saran yang membangun dan semoga hasil penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan

Depok, 3 Januari 2018

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfi Afif Riansyah

NPM : 1406552332

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul :

ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK PADA GEDUNG IMERI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS INDONESIA

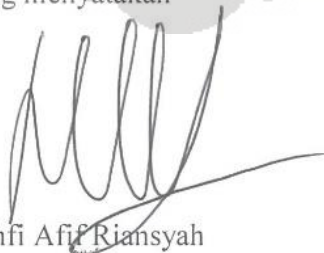
Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 3 Mei 2018

Yang menyatakan



Luthfi Afif Riansyah

ABSTRAK

Kesehatan manusia merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan sehingga diperlukannya inovasi berupa terobosan yang dapat meningkatkan mutu bidang medis. Perkembangan ilmu di bidang medis juga didukung oleh instrument medis yang semakin canggih sehingga memerlukan energi listrik yang prima diikuti juga dengan banyaknya permintaan daya listrik. Kenaikan permintaan daya listrik perlu diimbangi dengan kualitas daya listrik yang baik. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang merupakan pusat edukasi dan riset di bidang medis, menggunakan berbagai peralatan listrik untuk menyokong aktivitasnya dibidang medis. Melalui analisis kualitas daya dapat diketahui mutu parameter-parameter listrik pada gedung tersebut. Melalui pengukuran, pengolahan data, dan analisis didapatkan nilai tegangan maksimum dan minimum sebesar 234.17 Volt & 219.99 Volt. Nilai frekuensi maksimum dan minimum sebesar 50.25 Hz & 49.38 Hz. Sementara itu untuk nilai harmonik didapatkannya nilai TDD terbesar pada item panel sistem pencahayaan yang dimana bebannya merupakan penyumbang harmonik terbesar sebesar 42.5%. Dengan dilakukannya analisis kualitas daya listrik dapat diperoleh solusi untuk memperbaiki dan meningkatkan mutu sistem kelistrikan Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Kata Kunci: kualitas daya listrik, sistem kelistrikan, Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, instrument canggih, tegangan, frekuensi, harmonik, daya listrik.

ABSTRACT

Human health is one of the main needs in life so it needs innovation in the form of a breakthrough that can improve the quality of the medical field. The development of science in the medical field is also supported by increasingly sophisticated medical instruments that require excellent electrical energy followed by also the demand for electric power. The increase in demand for electrical power needs to be balanced with good electrical power quality. In IMERI Building Faculty of Medicine University of Indonesia which is the center of education and research in the medical field, using various electrical equipment to support medical activities. Through the analysis of power quality can be known the quality of electrical parameters in the building. Through measurement, data processing, and analysis obtained the value of maximum and minimum voltage of 234.17 Volt & 219.99 Volt. Maximum and minimum frequency values of 50.25 Hz & 49.38 Hz. Meanwhile the highest harmonic value stands for illumination panel is called TDD in the amount of 42.5% which is the biggest contributor of harmonic effects. With the analysis of electrical power quality can be obtained solutions to improve and improve the quality of electrical system IMERI Building Faculty of Medicine, University of Indonesia.

Keywords : *electrical power quality, electrical system, IMERI Building Faculty of Medicine University of Indonesia, advanced instruments, voltage, frequency, harmonics, electric power.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	vi
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 KUALITAS DAYA LISTRIK	5
2.1 Kualitas Daya Listrik	5
2.2 Klasifikasi Permasalahan Kualitas Daya Listrik	5
2.3 Kualitas Tegangan.....	6
2.3.1 Klasifikasi Permasalahan Tegangan	6
2.3.1.1 Variasi Tegangan Durasi Panjang (LDVV)	7
2.3.1.2 Variasi Tegangan Durasi Singkat (SDVV)	7
2.3.1.3 Ketidakseimbangan Tegangan (<i>voltage unbalance</i>)	10
2.3.1.4 Fluktuasi Tegangan	10
2.4 Distorsi Gelombang Harmonik	11
2.4.1 Klasifikasi Distorsi Harmonik	12

2.4.2	Penyebab Terjadinya Harmonik.....	15
2.4.3	Peralatan Pemicu Terjadinya Harmonik	16
2.4.4	Dampak Terjadinya Harmonik.....	19
2.5	Faktor Daya	22
2.6.	Frekuensi	24
2.7.	Standar yang Berlaku	25
2.8.	Perbaikan Kualitas Daya Listrik.....	27
2.8.1.	Perbaikan faktor daya menggunakan bank kapasitor.....	27
2.8.1.1.	<i>Global Compensation</i>	28
2.8.1.2.	<i>Group Compensation</i>	28
2.8.1.3.	<i>Individual Compensation</i>	28
BAB 3 METODOLOGI EVALUASI KUALITAS DAYA LISTRIK		29
3.1	Evaluasi Kualitas Daya listrik	29
3.1.1	Tujuan dari Evaluasi Kualitas Daya Listrik.	29
3.1.2	Identifikasi Permasalahan Kualitas Daya Listrik.....	29
3.1.3	Pemilihan Lokasi Penelitian	30
3.2	Langkah Penelitian.....	32
3.3	Perencanaan Penelitian.....	35
3.3.1.	Gambaran Denah Gedung.....	36
3.3.2.	Kondisi Kelistrikan Gedung	38
3.3.3.	Klasifikasi Beban	41
3.3.4.	Waktu Pengukuran.....	42
3.3.5.	Survei Kegiatan Gedung	42
3.3.6.	Alat Ukur	42
BAB 4 ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK GEDUNG IMERI JAKARTA		45
4.1	Tegangan	47
4.1.1.	Tegangan SDP LP-B (Tower B)	47
4.1.2.	Tegangan SDP PP-B	49
4.1.3.	Tegangan SDP PP-A.....	52
4.1.4.	Tegangan SDP LP-A.....	54
4.1.5.	Tegangan SDP-IU AC	56

4.1.6.	Tegangan SDP-IU AC B.....	59
4.1.7.	Tegangan SDP-IU AC A	61
4.2.	Ketidak seimbangan Tegangan	64
4.2	Arus	66
4.2.1.	Arus pada SDP LP-B	66
4.2.2.	Arus Pada SDP PP-B	68
4.2.3.	Arus Pada SDP PP-A	70
4.2.4.	Arus Pada SDP LP-A	72
4.2.5.	Arus Pada SDP AC IU	74
4.2.6.	Arus Pada SDP IU AC-B	76
4.2.7.	Arus Pada SDP IU AC-A	77
4.3	Frekuensi	79
4.3.1.	Frekuensi SDP LP-B	79
4.3.2.	Frekuensi SDP PP-B	81
4.3.3.	Frekuensi SDP PP-A	82
4.3.4.	Frekuensi SDP LP-A	84
4.3.5.	Frekuensi SDP IU AC	86
4.3.6.	Frekuensi SDP IU AC-B	88
4.3.7.	Frekuensi SDP IU AC-A	90
4.4	Harmonisa	93
4.4.1.	<i>Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)</i>	93
4.4.2.	<i>Total Demand Distortion (TDD)</i>	96
4.4.3.	<i>Total Harmonic Distortion Current (THDi)</i>	98
4.5.	Perbaikan Harmonisa	102
4.5.1.	<i>Single Tuned Filter</i> orde kelima (Hari Jumat 6 April 2018)	103
4.6	Pemakaian Daya & Faktor Daya	104
4.6.1.	Pemakaian Daya	104
4.6.1.1.	Pemakaian Daya SDP LP-B	104
4.6.1.2.	Pemakaian Daya SDP PP-B	105
4.6.1.3.	Pemakaian Daya SDP PP-A	106
4.6.1.4.	Pemakaian Daya SDP LP-A	107
4.6.1.5.	Pemakaian Daya SDP IU AC	107

4.6.1.6. Pemakaian Daya SDP IU AC-B	109
4.6.1.7. Pemakaian Daya SDP IU AC-A	110
4.6.2. Faktor daya	113
4.7 Hasil Perbandingan Semua Parameter Dengan Standar Acuan	116
BAB 5 KESIMPULAN	123
DAFTAR ACUAN	124
DAFTAR PUSTAKA	126
LAMPIRAN	127
A. Ketidakseimbangan Tegangan	127
B. Tabel THDv hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018	129
C. Tabel THDi hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018	131
D. Grafik faktor daya dari hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018	133
E. Jadwal Kegiatan pada Tower B Hari Selasa 3 April 2018	135
F. Jadwal Kegiatan pada Tower A Hari Rabu 4 April 2018	135
G. Data Beban Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indoneisa	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis Variasi Tegangan Durasi Singkat.....	8
Gambar 2.2 Gelombang tegangan lebih sesaat	9
Gambar 2.3 Fluktuasi Tegangan	11
Gambar 2.4 Representasi deret fourier pada gelombang terdistorsi	12
Gambar 2.5 Grafik linearitas suatu beban listrik	15
Gambar 2.6 Karakteristik beban linear (kiri) dan beban nonlinear (kanan) secara berurut.....	15
Gambar 2.7 Lampu <i>Flourescent</i>	16
Gambar 2.8 Bentuk Gelombang arus nonlinear lampu fluorescent	16
Gambar 2.9 Lampu LED.....	17
Gambar 2.10 Perangkat Komputer.....	18
Gambar 2.11 <i>Fan Coil Unit</i> (FCU).....	18
Gambar 2.12 Kurva karakteristik hysteresis	19
Gambar 2.16 Teori sifat faktor daya	23
Gambar 2.17 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengukuran menggunakan <i>PQA</i>	34
Gambar 3.3 Titik penelitian dan tempat pemasangan <i>Power Quality Analyzer</i>	35
Gambar 3.4 Denah Gedung Tampak Samping (a) Tower A (Edukasi) (b) Tower B (Riset)	37
Gambar 3.5 Denah Gedung Tampak Depan	37
Gambar 3.6 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan	39
Gambar 3.7 Penempatan alat ukur <i>Power Quality Analyzer</i>	39
Gambar 3.8 Keadaan Sekitar Panel SDP IU AC A.....	40
Gambar 3.9 Foto SDP LP IU AC-A dan Alat Ukur Panel.....	41
Gambar 3.10 alat Power Quality Analyzer	43
Gambar 4.1 Jalur sistem kelistrikan menuju masing-masing <i>Sub Distribution Panel</i>	46
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Setiap Fasa SDP LP-B	47
Gambar 4.3 Grafik Tegangan SDP PP-B	50
Gambar 4.4 Grafik Nilai Tegangan SDP PP-A	52
Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan SDP LP-A	54

Gambar 4.7 Grafik Nilai Tegangan SDP-UI AC B	59
Gambar 4.8 Grafik Nilai Tegangan SDP-UI AC A	61
Gambar 4.9 Grafik Ketidakseimbangan Tegangan Senin 2 April 2018	65
Gambar 4.10 Grafik Arus Senin 2 April 2018	66
Gambar 4.11 Grafik Nilai Arus 3 April 2018	68
Gambar 4.12 Grafik Nilai Arus 3 April 2018	70
Gambar 4.13 Grafik Nilai Arus Kamis 5 April 2018.....	72
Gambar 4.14 Grafik Nilai Arus Jumat 6 April 2018.....	74
Gambar 4.15 Grafik Nilai Arus Senin 9 April 2018	76
Gambar 4.16 Grafik Nilai Arus Selasa 10 April 2018.....	77
Gambar 4.17 Grafik Nilai Frekuensi SDP LP-B	79
Gambar 4.18 Grafik Nilai Frekuensi SDP PP-B.....	81
Gambar 4.19 Grafik Nilai Frekuensi SDP PP-A	83
Gambar 4.20 Grafik Nilai Frekuensi SDP LP-A	85
Gambar 4.21 Grafik Nilai Frekuensi SDP IU AC	86
Gambar 4.22 Grafik Nilai SDP IU AC-B	88
Gambar 4.23 Grafik Nilai Frekuensi SDP IU AC-A	90
Gambar 4.24 Spektrum Harmonisa Tegangan saat THDv Maksimum	95
Gambar 4.25 Gelombang Harmonisa Tegangan SDP LP-B (Senin 2 April 2018).....	95
Gambar 4.26 Spektrum Harmonisa Arus saat nilai Maksimum THDi	100
Gambar 4.27 Gelombang Harmonisa Arus SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	100
Gambar 4.28 Data Pemakaian Daya SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	104
Gambar 4.29 Pemakaian Daya SDP PP-B (Selasa 3 April 2018).....	105
Gambar 4.30 Pemakaian Daya SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	106
Gambar 4.31 Grafik Nilai Pemakaian Daya SDP LP-A	107
Gambar 4.32 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC	108
Gambar 4.33 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC-B	109
Gambar 4.34 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC-A	110
Gambar 4.35 Grafik Faktor Daya SDP LP B (Senin 2 April 2018).....	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik kategori variasi tegangan durasi panjang	7
Tabel 2.2 Batas Distorsi Harmonik Arus untuk Distribusi Umum dengan Tegangan 120 V hingga 69 kV	25
Tabel 2.3 Batas Distorsi Harmonik Tegangan	26
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Power Quality Analyzer</i>	43
Tabel 4.1 Nilai Tegangan Setiap Fasa SDP LP-B Senin 2 April 2017	48
Tabel 4.2 Nilai Tegangan Setiap Fasa Selasa 3 April 2018.....	51
Tabel 4.3 Tegangan Setiap Fasa Rabu 4 April 2018.....	53
Tabel 4.4 Nilai Tegangan Setiap Fasa Kamis 5 April 2018.....	55
Tabel 4.5 Nilai Tegangan Setiap Fasa Kamis 6 April 2018.....	58
Tabel 4.6 Nilai Tegangan Setiap Fasa Senin 9 April 2018.....	60
Tabel 4.7 Nilai Tegangan Setiap Fasa Selasa 10 April 2018.....	62
Tabel 4.8 Variasi Nilai Tegangan	63
Tabel 4.9 Ketidakseimbangan Tegangan	65
Tabel 4.10 Nilai Arus Setiap Fasa Senin 2 April 2018.....	67
Tabel 4.11 Nilai Arus Tiap Fasa Selasa 3 April 2018	69
Tabel 4.12 Nilai Arus Tiap Fasa Rabu 4 April 2018	71
Tabel 4.13 Nilai Arus Tiap Fasa Kamis 5 April 2018	73
Tabel 4.14 Nilai Arus Tiap Fasa Jumat 6 April 2018	75
Tabel 4.15 Nilai Arus Tiap Fasa Senin 9 April 2018	77
Tabel 4.16 Nilai Arus Tiap fasa Selasa 10 April 2018	78
Tabel 4.17 Nilai Frekuensi SDP LP-B.....	80
Tabel 4.18 Nilai Frekuensi SDP PP-B	82
Tabel 4.19 Nilai Frekuensi SDP PP-A.....	84
Tabel 4.20 Nilai Frekuensi SDP LP-A	86
Tabel 4.21 Nilai Frekuensi SDP IU AC.....	88
Tabel 4.22 Nilai Frekuensi SDP IU AC-B.....	89
Tabel 4.23 Nilai Frekuensi SDP IU AC-A	91
Tabel 4.24 Nilai Frekuensi Seluruh Panel	92
Tabel 4.25 Nilai THDv SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	93
Tabel 4.26 Orde IHDv saat THDv Maksimum.....	94
Tabel 4.29 Variasi IHDv & THDv di seluruh panel penelitian	96

Tabel 4.30 Tabel Variasi TDD.....	97
Tabel 4.31 Nilai THDi SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	98
Tabel 4.32 Orde IHDi saat nilai THDi maksimum	99
Tabel 4.33 Perbandingan Setiap Orde IHDi dengan Standar IEE 519-1992	101
Tabel 4.34 Variasi THDi, IHDi, dan TDD	102
Tabel 4.35 Konsumsi daya pada seluruh panel penelitian	112
Tabel 4.36 Data Faktor Daya SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	114
Tabel 4.37 Variasi Faktor Daya	114
Tabel 4.38 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP LP-B	116
Tabel 4.39 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP PP-B	117
Tabel 4.40 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP PP-A	118
Tabel 4.41 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP LP-A	119
Tabel 4.42 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP IU AC	120
Tabel 4.43 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP IU AC-B	121
Tabel 4.44 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP IU AC-A	122

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Listrik merupakan suatu energi yang sangat vital dalam kebutuhan manusia saat ini. Seluruh aktivitas manusia memerlukan energi listrik. Permintaan atas energi listrik pun makin meningkat dari aktivitas di lapangan serta aktivitas di dalam ruangan. Salah Satu kegiatan terkait dimana memakan energi listrik yang cukup besar yaitu aktivitas edukasi serta aktivitas riset.

Gedung IMERI merupakan salah satu aset yang dimiliki oleh Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang di dalamnya memiliki fasilitas edukasi, riset dan penelitian, konferensi, hingga berbagai pelayanan dibidang medis. Berbagai aktivitas tersebut menggunakan berbagai macam peralatan listrik seperti alat-alat medik, sarana laboratorium, komputer, pendingin ruangan, lampu, lift, proyektor, dll . Peralatan listrik tersebut mengkonsumsi daya yang cukup besar dan membutuhkan suplai daya dengan mutu yang baik agar dapat berfungsi dengan baik dan memiliki umur yang panjang. Hal tersebut mengingat dimana, peralatan medis baik sarana edukasi dan sarana riset merupakan peralatan yang sensitif sehingga memerlukan tingkat keandalan yang prima.

Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia meresmikan *Indonesian Medical Education and Research Institute* (IMERI) pada tahun 2017. Dengan demikian, aset tersebut merupakan suatu aset yang baru dengan mutu dan kualitas peralatan yang masih sangat baik. Walaupun begitu, sebagai salah satu pusat penelitian medis di Indonesia. Tentunya konsumsi listrik di gedung IMERI memiliki tingkatan yang besar. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui nilai kualitas daya pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Untuk mengetahui apakah kualitas daya suatu gedung sudah baik atau belum, maka perlu dilakukan analisis kualitas daya. Analisis kualitas daya merupakan pengukuran terhadap mutu listrik di suatu tempat. Hasil dari analisis dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan instalasi baru, perawatan rutin

instalasi yang sudah ada, serta mitigasi masalah kelistrikan yang sedang terjadi. Analisis kualitas daya gedung IMERI ini sangat penting bagi keberlangsungan kegiatan, dan nantinya dapat mengetahui permasalahan listrik serta menjaga agar gedung IMERI tetap pada kondisi yang optimal bagi kegiatan yang ada didalamnya.

1.2. Rumusan Masalah

Pada latar belakang yang telah ditulis oleh penulis, masalah-masalah terkait pada skripsi ini yaitu :

- a. Apakah kondisi nilai tegangan sistem kelistrikan pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan batas yang diizinkan pada SPLN 1 Tahun 1995 berikut ketidakseimbangan tegangan apakah sesuai dengan standar NEMA?
- b. Apakah nilai frekuensi pada sistem kelistrikan gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan batas frekuensi yang diizinkan pada SPLN Tahun 1995?
- c. Apakah nilai harmonisa pada sistem kelistrikan gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan batas harmonisa yang diizinkan pada IEE 519-1992?
- d. Apakah kondisi faktor daya sistem kelistrikan gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan batas yang diizinkan pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 19 Tahun 2014?

1.3. Tujuan Penelitian

Skripsi ini bertujuan untuk melakukan audit pada kondisi kualitas daya listrik pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

1.4. Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas, difokuskan, dan dibatas dalam penelitian ini berupa yaitu :

- a. Lokasi. Pengukuran dilakukan di Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada 7 (tujuh) panel *Sub Distribution Panel* (SDP) berupa 2 panel item penerangan, 2 panel item stop kontak, 3 panel item pendingin ruangan.
- b. Waktu. Penelitian dilakukan selama 7 (tujuh) hari yaitu pada hari Senin hingga Jumat pada minggu pertama dan dilanjutkan pada hari Senin serta Selasa pada minggu kedua. Waktu pengukuran dimulai pada pukul 08.00 hingga pukul 17.00 WIB.
- c. Parameter-parameter yang akan dianalisis berupa nilai tegangan, arus, frekuensi, harmonisa, dan faktor daya.

1.5. Metodologi Penelitian

- a. Studi literatur. Mencari dan membaca jurnal tentang audit kualitas daya dan cara memperbaikinya, serta mencari standar acuan untuk masing- masing parameter listrik yang diukur.
- b. Konsultasi. Melakukan diskusi baik dengan pakar dan tenaga ahli terkait topik audit kualitas daya listrik serta dosen pembimbing.
- c. Audit, yaitu dengan cara melakukan survei, tinjauan lapangan, dan pengukuran kualitas daya listrik pada panel *Sub Distribution Panel* pada item sistem penerangan, sistem pendingin ruangan, serta stop kontak.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab, dimana menjelaskan dimana pada bab satu akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika dari penulisan skripsi ini. Pada bab dua akan dibahas mengenai teori-teori dasar terkait dengan kualitas daya, dan permasalahan-permasalahan kualitas daya serta parameter-parameter kualitas daya listrik yang mencakup pada prinsip tegangan, arus, frekuensi, harmonisa,

dan faktor daya. Pada bab tiga pembahasan akan difokuskan terhadap evaluasi kualitas daya listrik, langkah penelitian, perencanaan penelitian, simulasi, dan standar acuan. Pada bab empat berisikan analisis dan evaluasi baik dari data yang didapat melalui pengukuran dan simulasi yang dilakukan pada program perangkat lunak *Power Measurement Support Software*. Pada bab terakhir yaitu bab lima, pembahasan berisi kesimpulan evaluasi kualitas daya listrik dan rekomendasi penulis untuk sistem kelistrikan gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.



BAB 2

KUALITAS DAYA LISTRIK

2.1 Kualitas Daya Listrik

Kualitas daya listrik memiliki definisi sebagai permasalahan yang meliputi variabel tegangan, frekuensi, dan besarnya faktor daya yang dapat menyebabkan efek negatif pada kinerja peralatan pada konsumen listrik [1]. Dikerucutkan pada pengertian daya, daya itu sendiri memiliki arti sebagai suatu nilai dari energi listrik yang dibangkitkan dan didistribusikan, dimana besarnya daya listrik tersebut sama besarnya dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listrik yang ada. Daya listrik dapat diatur dengan mengendalikan kualitas tegangan dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik. Hal tersebut dikarenakan, arus listrik merupakan permasalahan yang dipengaruhi oleh sisi beban. Sehingga nilai kualitas daya berasal dari nilai tegangan itu sendiri [1].

2.2 Klasifikasi Permasalahan Kualitas Daya Listrik

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh suatu gejala atau fenomena elektromagnetik yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik dapat menyebabkan permasalahan kualitas daya listrik ialah [1]:

- a. Gejala Peralihan (*Transient*) merupakan suatu kejadian dimana perubahan variabel meliputi tegangan, arus dan frekuensi yang terjadi selama masa transisi dari keadaan operasi tunak (*Steady State*) hingga menjadi keadaan yang lain.
- b. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (*Short-Duration Variations Voltage*) merupakan suatu kondisi yang memiliki perubahan nilai tegangan dalam waktu yang singkat dengan durasi kurang dari 1 (satu) menit.
- c. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (*Long-Duration Variations Voltage*) merupakan suatu kondisi dengan perubahan nilai tegangan dalam waktu yang lama dengan durasi lebih dari 1 (satu) menit.
- d. Ketidakseimbangan Tegangan merupakan suatu kondisi perbedaan besarnya tegangan dalam sistem tiga fasa dan sudut fasanya.

- e. Distorsi Gelombang merupakan suatu kondisi penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus) idealnya berupa gelombang sinusoidal.
- f. Fluktuasi Tegangan merupakan suatu kondisi perubahan besarnya nilai tegangan secara sistematis.
- g. Gejala Perubahan Frekuensi Daya yaitu suatu kondisi penyimpangan frekuensi daya listrik pada suatu sistem tenaga listrik.

2.3 Kualitas Tegangan

Salah satu variabel yang menunjukkan dan berpengaruh terhadap kualitas daya listrik ialah kualitas tegangan, hal tersebut dikarenakan daya listrik ialah sejumlah kapasitas dari pengiriman energi yang sebanding dengan hasil kali antara tegangan dan arus. Persamaannya dinyatakan dalam [2]:

$$P = V.I \quad (2.1)$$

Daya tersebut merupakan lingkup data DC (*Direct Current*), sedangkan pada system daya AC (*Alternating current*), terdiri dari tiga jenis daya, yaitu:

Kualitas daya listrik yang dikirimkan dapat ditentukan oleh sistem suplai daya dengan mengatur variabel tegangan pada sisi suplai dan pada pengaturan variabel arus pada sisi beban. Tetapi pada praktiknya, nominal tegangan yang diatur untuk mendapatkan nilai arus yang diinginkan terhadap nilai hambatan. Sehingga pada pengaturan kualitas daya dapat dilakukan dengan mengatur tegangan dengan batasan-batasan yang ada. Berdasarkan SPLN 1995, batas nilai tegangan yang diijinkan untuk dioperasikan adalah -10 % dan +5%. [3]

2.3.1 Klasifikasi Permasalahan Tegangan

Masalah-masalah yang terkait dengan kualitas daya listrik yang berhubungan dengan variabel tegangan diantaranya adalah [1]:

- a. Variasi Tegangan Durasi Panjang (LDVV)
- b. Variasi Tegangan Durasi Singkat (SDVV)
- c. Ketidakseimbangan Tegangan
- d. Fluktuasi Tegangan.

2.3.1.1 Variasi Tegangan Durasi Panjang (LDVV)

Variasi Tegangan Durasi Panjang (*Long Duration Voltage Variation*) merupakan deviasi atau perubahan nilai rms pada frekuensi daya untuk durasi lebih dari satu menit [dugan]. Variasi tegangan durasi Panjang ini dapat dikelompokkan menjadi dua tegangan lebih (*overvoltage*) dan tegangan turun (*undervoltage*). Kedua kelompok gangguan tersebut terjadi karna disebabkan oleh variasi beban pada sistem.

a. Tegangan Lebih (*overvoltage*)

Tegangan lebih adalah suatu kenaikan nilai tegangan sistem menjadi sebesar 1,1 **pu** yang berlangsung selama lebih dari satu menit [1]. Tegangan lebih tersebut terjadi karena adanya kondisi dimana suatu sistem memiliki tingkat pengaturan tegangan yang lemah atau pengaturan tegangannya yang tidak memadai [1].

b. Tegangan Turun (*undervoltage*)

Tegangan turun merupakan suatu penurunan nilai tegangan sistem menjadi sebesar 0.9 **pu** yang memiliki durasi lebih dari satu menit [1]. Hal yang dapat menyebabkan tegangan turun ialah penggunaan beban dalam jumlah yang banyak.

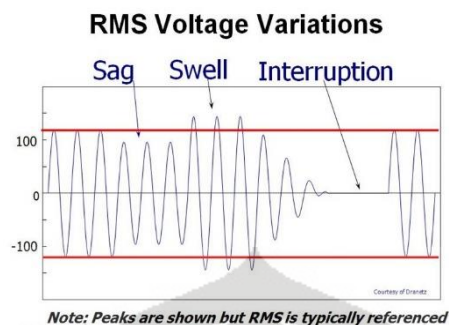
Tabel 2.1 Karakteristik kategori variasi tegangan durasi panjang [1].

Kategori Tegangan	Durasi Tipikal	Besar Tegangan Tipikal
Tegangan Lebih	> 1 menit	0,8 - 0,9 pu
Tegangan Turun	> 1 menit	1,1 - 1,2 pu

2.3.1.2 Variasi Tegangan Durasi Singkat (SDVV)

Variasi Tegangan Durasi Singkat (*Short Duration Voltage Variation*) merupakan deviasi atau perubahan nilai rms tegangan pada frekuensi daya untuk durasi yang sangat singkat. Pada umumnya gangguan ini terjadi karena kegagalan sistem, keadaan beban yang besar, dan arus pengasutan yang tinggi. Gangguan ini dapat berupa turunnya tegangan sementara (*voltage sag*), lalu naiknya tegangan

sementara (*voltage swell*), serta benar-benar hilangnya nilai tegangan (*interruptions*).



Gambar 2.1 Jenis-jenis Variasi Tegangan Durasi Singkat [1]

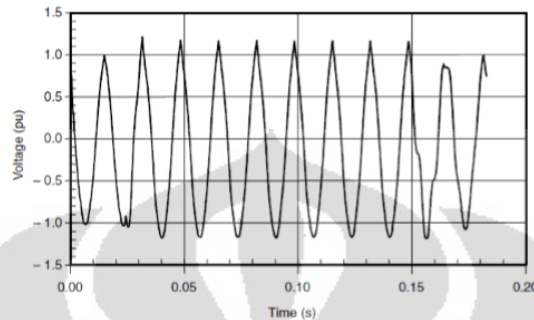
a. Tegangan Turun Sesaat (*voltage sag*).

Tegangan turun sesaat (*voltage sag*) merupakan penurunan nilai tegangan sebesar 10% sampai 90 % dari nilai rms keadaan normalnya untuk durasi yang sangat singkat. Umumnya berdurasi setengah siklus sampai 1 (satu) menit. Menurut kaidah IEC (*International Electrotechnical Commision*), istilah lain dari *voltage sag* adalah *voltage dip* atau kedip tegangan. Secara umum penyebab terjadinya kedip tegangan adalah kenaikan nilai beban secara tiba-tiba, seperti halnya pada fenomena hubung singkat atau karena terjadinya kegagalan dalam sistem. Pada sektor perkantoran dan industri, kedip tegangan akibat penggunaan beban dalam skala besar pada waktu yang bersamaan merupakan penyebab umum yang terjadi karena faktor penggunaan beban seperti peralatan elektronik, lampu, dan lainnya sangat fluktuatif.

b. Tegangan Lebih Sesaat (*voltage swell*)

Tegangan lebih sesaat (*voltage swell*) merupakan perubahan kenaikan nilai tegangan rms sesaat sebesar 10% sampai 80% dari nilai tegangan normalnya, umumnya berdurasi setengah siklus hingga 1 (satu) menit. Secara umum terjadinya tegangan lebih sesaat tersebut dikarenakan pelepasan beban yang cukup besar pada suatu area atau suatu sistem serta terjadi pada proses pengisian tumpuk kapasitor (*capacitor bank*) yang sangat besar. Dampak yang dihasilkan dari tegangan lebih sementara yaitu bersifat merusak, terutama pada peralatan elektronik atau peralatan listrik yang sensitif terhadap variasi tegangan. Karakteristik tegangan lebih

sementara ini dapat diketahui dengan melihat besar kenaikan tegangan (nilai rms) dan lamanya peristiwa itu terjadi. Besarnya kenaikan tegangan yang terjadi dipengaruhi oleh besarnya impedansi sistem tenaga serta pentanahannya dan letak gangguannya



Gambar 2.2 Gelombang tegangan lebih sesaat [7]

c. Interupsi (*Interruption*)

Interupsi terjadi bila kondisi tegangan suplai atau arus yang mengalir pada beban bernilai 10% lebih kecil dari nilai nominalnya. Interupsi merupakan dampak dari kegagalan peralatan sistem dan pengendalian. Durasi dari interupsi terjadi akibat kegagalan sistem utilitas terhitung saat peralatan protektif bekerja. Masalah terkait gangguan tersebut perlu diperhitungkan karena pada waktu tertentu dapat menyebabkan kehilangan data yang disimpan dari sistem *database* dan mengalami kegagalan fungsi perangkat pemrosesan data, seperti pada PLC, PC, dan ASD. Pada dasarnya interupsi dibagi menjadi 2 (dua) yaitu:

1. *Very Short Interruptions*

Very Short Interruptions tersebut bersumber dari pembukaan dan pengangkatan kembali perangkat proteksi otomatis yang berfungsi dalam pengisoliran bagian yang berada pada titik gangguan. Dimana masalahnya terjadi kegagalan insulasi dan terjadinya *flashover*. Konsekuensinya dapat terjadinya trip pada alat proteksi dan adanya informasi yang hilang serta kegagalan pemrosesan pada suatu alat.

2. *Long Interruptions*

Dimana *Long Interruptions* tersebut pada umumnya bersumber dari kegagalan peralatan pada suatu sistem tenaga listrik dikarenakan gejala

eksternal seperti petir, pohon tumbang, *human error*, dan kegagalan koordinasi proteksi suatu peralatan proteksi.

2.3.1.3 Ketidakseimbangan Tegangan (*voltage unbalance*)

Ketidakseimbangan tegangan atau *voltage unbalance* merupakan variasi tegangan pada sistem tiga fasa dimana nilai magnitude tegangan masing-masing fasa atau sudut fasa antara ketiganya bernilai tidak seimbang. Ketidakseimbangan tegangan terjadi akibat dari ketidakseimbangan beban. Nilai suatu ketidakseimbangan tegangan terjadi akibat dari ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban dapat mengarah kepada penurunan umur suatu alat hingga kerusakan alat secara menyeluruh (*breakdown*). Besarnya ketidakseimbangan tegangan yang ada ada pada sumber utama tidak boleh lebih dari 2% (dua persen) berdasarkan standar NEMA. Nilai kritis dari keadaan ketidakseimbangan tegangan adalah jika nilai persentase perbandingannya melebihi 5% (lima persen), hal ini terjadi dikarenakan terputusnya salah satu fasa dari sistem tenaga listrik tiga fasa [1] [3].

Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{un}(\%) = \frac{\Delta V_{max}}{V_{av}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan:

$V_{un}(\%)$ = Nilai ketidakseimbangan tegangan [%]

ΔV_{max} = Nilai deviasi maksimum tegangan rata-rata [Volt]

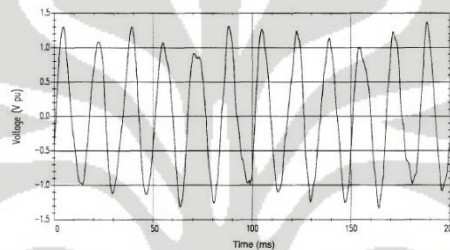
V_{av} = Nilai tegangan rata-rata [volt]

2.3.1.4 Fluktuasi Tegangan

Fluktuasi tegangan merupakan perubahan nilai tegangan yang sistematis atau serangkaian perubahan tegangan secara acak dimana magnitude dari nilai tegangan mempunyai nilai yang tidak semestinya [1], yaitu diluar dari nilai rentang tegangan yang ditentukan oleh ANSI C84.1 sebesar 0,9 sampai 1,1 **pu**. Menurut IEC 61000-2-1 salah satu fluktuasi tegangan, mempunyai karakteristik sebagai rangkaian tegangan acak yang berfluktuasi secara terus menerus. Variasi tegangan yang sering

disebut sebagai kedip tegangan atau *flicker* disebabkan oleh beban yang berubah sangat cepat dan terjadi terus menerus, dan menghasilkan arus beban yang besar. Istilah kedip tegangan atau *flicker* berasal dari dampak adanya fluktuasi tegangan terhadap lampu, yang dianggap seperti mata manusia yang berkedip.

Sinyal kedip tegangan dapat didefinisikan dengan besarnya rms tegangan dan dinyatakan sebagai persentase dari nilai dasarnya. Kedip tegangan yang besarnya lebih rendah 0,5 persen biasanya dapat menyebabkan lampu terlihat berkedip, jika frekuensi berada dalam kisaran antara 6 sampai 8 Hz. IEC 61000-4-15 mendefinisikan suatu metodologi dan spesifikasi untuk mengukur kedip tegangan.



Gambar 2.3 Fluktuasi Tegangan

Sumber yang dapat menyebabkan suatu fluktuasi tegangan ialah pada sisi beban. Nilai beban yang berubah-ubah sangat cepat dan terjadi terus menerus dapat menghasilkan arus beban yang besar. Konsekuensi yang dapat terjadi ialah penurunan umur suatu alat.

2.4 Distorsi Gelombang Harmonik

Hamonik dalam dunia ketenagalistrikan merupakan suatu fenomena yang muncul dan mengakibatkan distorsi gelombang arus bolak-balik (AC) pada arus dan tegangan. Gangguan ini umumnya terjadi pada sistem distribusi, tetapi tidak menutup kemungkinan bilamana terjadi gangguan tersebut pada sisi pembangkitan dan transmisi. Gelombang distrorsi yang tersebut memiliki frekuensi sebesar kelipatan dari frekuensi dasar atau frekuensi fundamental (50 Hz atau 60 Hz). Frekuensi gelombang distorsi tersebut dapat dinyatakan dalam:

$$f_h = n f_i \quad (2.3)$$

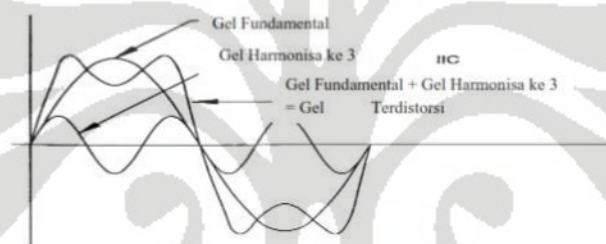
Dengan:

f_h = Frekuensi harmonik [Hz]

f_i = Frekuensi fundamental [60 Hz atau 50 Hz]

n = konstanta kelipatan bilangan bulat [$n = 1, 2, 3, 4, \dots$]

Grafik gelombang akibat distorsi harmonik dapat digambarkan sebagai penjumlahan gelombang sinusoidal murni dengan frekuensi pada masing-masing gelombang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar dari gelombang yang terdistorsi. Kelipatan ini disebut dengan “harmonik” atau “orde” dari dasarnya.



Gambar 2.4 Representasi deret fourier pada gelombang terdistorsi [11]

Ada beberapa jenis pembagian untuk orde harmonik, yaitu:

- Orde genap = 2, 4, 6, 8, ...
- Orde ganjil = 3, 5, 7, 9, ...
- Triplen Harmonics* = 3, 6, 9, 12, ...

Harmonik dengan orde ganjil dianggap paling mendistorsi gelombang, sehingga pada orde ganjil perlu dilakukannya penelitian dan perhatian khusus atas gejala tersebut. Hal tersebut terjadi karena sifat penjumlahan gelombang, distorsi harmonik dapat dianalisa secara terpisah ada masing-masing harmonik [11].

2.4.1 Klasifikasi Distorsi Harmonik

Distorsi harmonik terdiri dari parameter-parameter yang perlu diperhitungkan, seperti komponen harmonik, orde harmonik, dan spektrum harmonik. Besarnya dari distorsi harmonik tersebut perlu diketahui untuk

menganalisis tingkat gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan. Klasifikasi disdorsi harmonik dapat dibagi menjadi [1]:

a. *Individual Harmonic Distortion (IHD)*

IHD (*Individual Harmonic Distortion*) merupakan perbandingan nilai rms dari tegangan atau arus harmonik pada satu orde tertentu dengan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi dasarnya.

Nilai IHD dapat dinyatakan dalam rumus:

$$IHD_v(\%) = \frac{V_n}{V_1} \times 100\% \quad (2.4)$$

$$IHD_I(\%) = \frac{I_n}{I_1} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dengan:

$IHD_v(\%)$ = Individual harmonik tegangan [%]

$IHD_I(\%)$ = Individual harmonik arus [%]

V_n = Tegangan pada orde ke n [Volt]

I_n = Arus pada orde ke n [Ampere]

b. *Total Harmonic Distortion (THD)*

THD merupakan perbandingan nilai deviasi keseluruhan dari komponen harmonik terhadap nilai karakteristik rms komponen dasarnya. Parameter THD yang dapat diukur ialah variabel tegangan dan arus, sehingga THD terdiri dari THD_I untuk arus dan THD_v untuk tegangan. Secara matematis, THD dirumuskan dengan [7].

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_h^n (V_h^2)}}{V_1} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_h^n (I_h^2)}}{I_1} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dengan :

THD_V = Total distorsi harmonik tegangan [%]

THD_I = Total distorsi harmonik arus [%]

V_h = Tegangan pada orde ke n [Volt]

I_h = Arus pada orde ke n [Ampere]

Munculnya harmonisa dapat mengganggu kinerja suatu sistem tenaga listrik. Contoh komponen yang terganggu diantaranya seperti relay proteksi, sekering, transformator, pemutus tenaga, dan lain-lain. Arus harmonisa dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada konduktor netral sistem tiga fasa empat kawat. Harmonisa juga menyebabkan pemanasan kabel dan penurunan kekuatan dielektriknya, peningkatan susut tembaga serta terjadinya fluks bocor di transformator, pemanasan tambahan, rugi-rugi dan tekanan dielektrik pada kapasitor bank, operasi relay yang tidak wajar, gangguan dan malfungsi pada sistem kontrol [5].

c. *Total Demand Distortion (TDD)*

TDD merupakan pengukuran nilai THD berbasis arus maksimum yang mengalir pada beban [12]. Penggunaan beban tertentu yang nilai arusnya relatif kecil dan terlihat cukup besarnya nilai THD perlu dilakukannya kembali pengukuran dan peninjauan nilai THD berbasis arus pada beban yang digunakan. Nilai TDD dapat dinyatakan dalam persamaan [12]:

$$TDD_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_L} \times 100\% \quad (2.8)$$

$$TDD_I = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} I_i^2}}{I_L} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dengan :

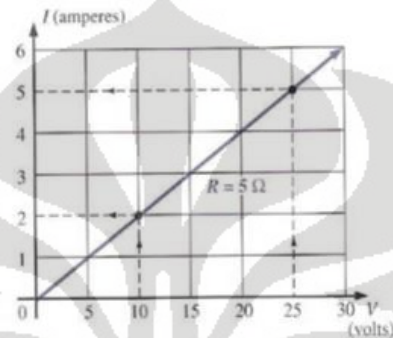
I_i = Nilai arus distorsi harmonik orde ke I [A]

I_L = Nilai arus maksimum beban pada frekuensi fundamental [A]

TDD_I = *Total demand distortion* [%].

2.4.2 Penyebab Terjadinya Harmonik

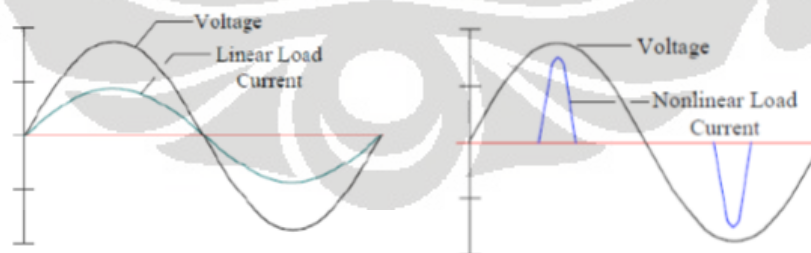
Terdapat dua jenis pengelompokan beban berdasarkan karakteristik keluaran arus dan tegangannya, yaitu beban linear dan beban nonlinear. Perbedaan diantara kedua jenis beban tersebut ialah konsep linearitasnya. Hubungan dikatakan linear apabila perubahan arus keluaran sebanding dengan perubahan nilai tegangan yang diberikan pada tiap nilai impedansi.



Gambar 2.5 Grafik linearitas suatu beban listrik

Beban nonlinear merupakan suatu beban yang karakteristik gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan yang diberikan untuk tiap setengah siklus gelombang, sehingga bentuk gelombang output arus maupun tegangan tidak sesuai dengan gelombang inputnya.

Beban tersebut umumnya berupa komponen yang bekerja sebagai komponen saklar atau *switching* yang perubahannya terjadi setiap siklus gelombang. Adanya fluktuasi bentuk gelombang keluaran terhadap masukan menyebabkan munculnya harmonik.



Gambar 2.6 Karakteristik beban linear (kiri) dan beban nonlinear (kanan)
secara berurut [13]

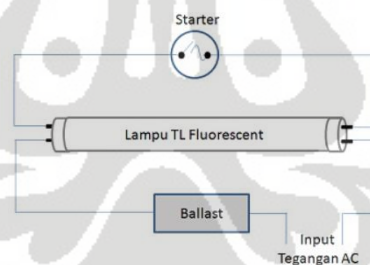
2.4.3 Peralatan Pemicu Terjadinya Harmonik

a. Lampu

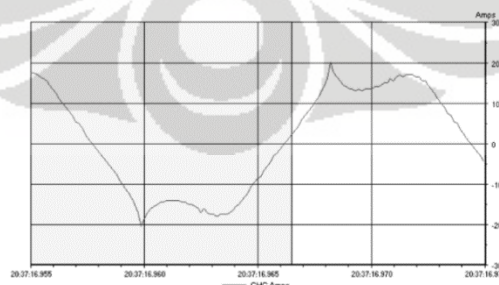
Dalam memenuhi kebutuhan akan penerangan pada suatu tempat beraktivitas, manusia menggunakan lampu-lampu terkait. Lampu-lampu tersebut yang ada pada bangunan tersebut mayoritas terdiri dalam beberapa jenis yaitu lampu *fluorescent*, dan lampu *light emitting diode*. Dengan berbagai macam lampu tersebut masing-masing memiliki karakteristik, dimana setiap lampu memiliki intensitas cahaya yang diperuntukan untuk tempat-tempat tertentu yang diperlukan oleh suatu bangunan.

1. Lampu *Flourescent*

Lampu *Flourescent* memiliki komponen ballast yang berkerja untuk melepas muatan sebagai busur atau arc yang dimana proses tersebut dibutuhkan tegangan yang tinggi. Ketika terjadi pelepasan muatan tegangan kembali turun dan terbentuklah busur api. Lampu *Flourescent* ini menghasilkan bentuk gelombang yang didominasi akibat pengaruh harmonik orde lima dan orde tiga.



Gambar 2.7 Lampu *Flourescent*



Gambar 2.8 Bentuk Gelombang arus nonlinear lampu fluorescent [7]

2. Lampu LED

Lampu Light Emitting diode atau sering disebut lampu LED memerlukan sumber DC untuk menyala dan dengan tegangan yang rendah, sehingga dibuat rangkaian dengan trafo *step-down* untuk memperkecil tegangan sumber yang masuk kedalam rangkaian. Strukturnya pada LED elektron melewati sambungan PN (Positif-Negatif). Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang pakai adalah galium, arsenic dan phosporus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda. Lampu LED memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibanding lampu lain dimana lampu LED dapat menghemat energi 80% - 90%. Sementara itu lampu LED tidak menimbulkan panas pada ruangan atau lingkungan sekitar.



Gambar 2.9 Lampu LED

b. Komputer

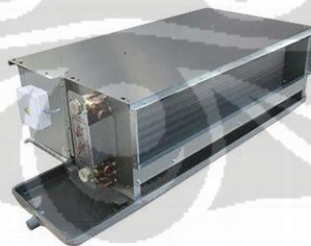
Suatu unit perangkat PC (*Personal Computer*) terdiri dari CPU, monitor, dan komponen pensaklaran lainnya yang merupakan suatu sumber harmonik. Nilai THD dari perangkat komputer tersebut didominasi oleh nilai harmonik orde lima dan tiga [7]. Pada suatu gedung tepatnya kegiatan administrasi atau pun menyangkut data digital memerlukan kinerja komputer untuk melakukan proses data tiap hari nya dalam rentang waktu tertentu. Dengan melakukan pemantauan yang salah satunya komponen komputer, dapat diperoleh total dampak harmonik yang dihasilkan dari sumber komponen harmonik.



Gambar 2.10 Perangkat Komputer

c. Pendingin Ruangan (*Air Conditioner*)

Pada gedung kegiatan riset dan edukasi tersebut sistem pendingin ruangan yang digunakan ialah *Fan Coil Unit* (FCU). Dibandingkan dengan tipe Air Conditioner (AC), kedua tipe pendingin ini memiliki fungsi yang sama yaitu sebagai pendingin ruangan. Perbedaannya terdapat pada sistem dan cakupan kerja. FCU memiliki cakupan yang lebih luas dimana sistem pendingin mencakup sitem satu gedung. Suplai udara dingin pada FCU berasal dari uap air dingin pada *cooling tower*. Sementara itu AC memiliki cakupan daerah yang lebih terbatas dan suplai udara dingin berasal dari gas freon. AC terbagi menjadi beberapa jenis yaitu *split*, *standing*, sentral, *window*, dan sebagainya. Di dalam suatu mesin pendingin ruangan terdapat komponen motor dan inverter yang berperan dalam menciptakan harmonisa [7].

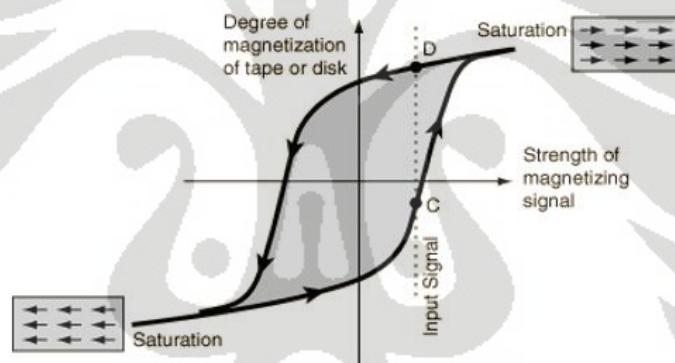
Gambar 2.11 *Fan Coil Unit* (FCU)

2.4.4 Dampak Terjadinya Harmonik.

Dampak harmonik dapat terjadi hampir disemua beban, mulai dari dampak yang sangat kecil hingga dampak yang paling besar. Dari variasi beban tertentu, dampak harmonik dapat ditinjau dengan macam peralatan, seperti:

a. Transformator

Transformator merupakan suatu mesin listrik yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Kegunaannya digunakan pada sub sistem pembangkitan, distribusi, transmisi, hingga beban-beban besar lainnya. Dampak harmonik pada transformator dapat ditinjau dari 2 (dua) hal yaitu distorsi harmonik tegangan dan arus yang terjadi. Distorsi harmonik tegangan dapat menyebabkan rugi-rugi histeresis pada inti transformator, rugi-rugi tersebut berkaitan dengan karakteristik magnetisasi dari inti transformator. Semakin tinggi tingkat harmonik, semakin besar juga dampak histeresis tersebut.



Gambar 2.12 Kurva karakteristik hysteresis [6]

Dampak kedua yang terjadi ialah jika ditinjau dari distorsi harmonik arus, harmonik arus tersebut dapat menyebabkan nilai arus rms yang mengalir pada transformator semakin besar. Semakin besar arus yang mengalir, rugi-rugi panas juga semakin bertambah sesuai dengan karakteristik [1]. Nilai suatu rugi panas tersebut yang disebut disipasi daya panas di nyatakan dalam rumus:

$$P = I^2 R \quad (2.10)$$

Dengan:

- P = Disipasi daya berupa panas [Watt]
 I = Arus rms yang mengalir pada transformator [A]
 R = Hambatan atau resistansi dari material [Ω]

Selain rugi-rugi disipasi daya, rugi yang dapat terjadi dari dampak harmonik arus adalah rugi arus eddy. Arus ini merupakan arus yang terinduksi pada inti transformator akibat fluks magnetik. Fluks magnetik yang semakin besar berpengaruh pada keseluruhan fisik dari transformator sehingga panas semakin bertambah. Panas yang semakin bertambah tersebut dapat menurunkan kinerja dari transformator. Akibat dampak harmonik yang menjalar kepada menurunnya performa kinerja transformator disebut gejala *derating*. Derating merupakan suatu skala atau nilai yang menunjukkan seberapa besar harmonik yang terjadi sehingga menurunkan performa kerja transformator. Standar yang berlaku untuk nilai derating (k) ini berdasarkan ANSI/IEEE C57.110 adalah tidak lebih dari nilai 9. secara persamaan matematis dapat dinyatakan dalam [5]:

$$k = \sum I_n^2 h^2 \quad (2.11)$$

Dengan:

- k = factor rating dari transformator [-]
 I_n = rasio antara nilai arus orde ke n dan total nilai rms [A]
 H = orde harmonik [$h = 1, 2, 3, 4, \dots, n$]

b. Motor Induksi

Motor induksi terdiri dari inti magnetic dari motor berupa lilitan dan tembaga yang bersifat konduktif dan induktif, sehingga rugi histerisis dapat muncul pada bagian inti motor dan menyebabkan panas. Dampak distorsi harmonik pada motor dialokasikan menjadi fluks-fluks harmonik pada motor tersebut [1]. Fluks harmonik ini berputar pada nilai yang berbeda dengan frekuensi putaran rotor motor tersebut. Akibatnya, induksi antara stator dan rotor tidak dapat berjalan dengan maksimum sehingga mengurangi performa motor. Selain itu, fluks harmonik ini

juga menyebabkan panas berputar pada inti yang menyebabkan penurunan efisiensi pada motor.

c. Bank Kapasitor

Bank kapasitor atau *capacitor bank* suatu komponen yang digunakan pada beban komersial maupun industri untuk memperbaiki nilai faktor daya. Berdasarkan standar IEEE untuk kapasitor dalam IEEE standar 19-1992, sebuah bank kapasitor dikonstruksi secara khusus dengan karakteristik, yaitu [7]:

- a. Tegangan maksimum adalah 110% dari V_{rms}
- b. Arus maksimum adalah 180% dari I_{rms}
- c. Maksimum daya reaktif adalah 135% kVAR
- d. Tegangan puncak adalah 120% V_{peak}

Ketika arus dan tegangan harmonisa muncul, arus harmonisa akan mengalir menuju kapasitor bank sehingga menyebabkan terjadinya *overload* [7].

d. Kabel

Dampak-dampak yang terjadi pada kabel saluran akibat harmonik. dampak harmonik berakibat pada meningkatnya nilai rugi-rugi daya hantaran seperti pada rumus (2. Disipasi) ialah salah satu masalah yang terjadi kabel. Lalu nilai frekuensi yang tinggi dapat menjadi penyebab terjadinya *skin effect*. *Skin effect* merupakan kecenderungan dari suatu gelombang arus bolak-balik (AC) untuk mengalir pada permukaan konduktor [14]. Semakin tinggi nilai frekuensi semakin tinggi juga arus yang mengalir pada permukaan hantaran. *Skin effect* mengakibatkan naiknya nilai resistansi konduktor untuk arus bolak balik, sehingga kapasitas hantar dari kabel untuk mengalirkan arus listrik semakin berkurang dan efektivitas hantaran kabel semakin menurun. Secara matematis dapat dinyatakan dalam:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{2\pi f \cdot \mu_0 \mu_R}} \quad (2.12)$$

Dengan:

δ = Nilai skin depth [mm]

ρ = Resistivitas Bulk [Ωm]

μ_0 = Konstanta permeabilitas [Hm^{-1}], $4\pi \cdot 10^{-7} \text{Hm}^{-1}$

μ_R = Permeabilitas aktif, umumnya bernilai 1

f = Frekuensi [Hz]

e. Peralatan Pengaman

Arus harmonik mempengaruhi operasi sistem proteksi. Sekring dan relay dapat mengalami maloperasi ketika terganggu oleh keberadaan arus harmonik, sehingga faktor harmonik harus dipertimbangkan ketika menentukan ukuran peralatan proteksi [7].

2.5 Faktor Daya

Faktor daya merupakan suatu parameter yang digunakan dalam sistem ketenagalistrikan dalam menentukan seberapa besar kualitas daya yang dibangkitkan dapat tersalurkan dengan baik ke konsumen. Faktor daya didefinisikan sebagai persentase dari total daya semua (S) yang dikonversi ke dalam daya nyata (P). pada sistem tiga fasa, daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dinyatakan dengan:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (2.13)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (2.14)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (2.15)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (2.16)$$

Dengan:

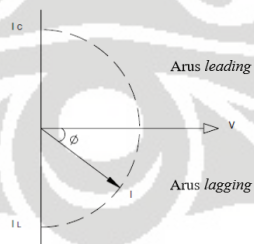
P = Daya Aktif (Watt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya Semu (VA)

Bilamana suatu sistem mengalami gangguan atau terjadi distorsi gelombang sehingga menjadi nonsinusoidal, perhitungan factor daya tidak dapat dilakukan hanya dengan meninjau sudut fasa melainkan perhitungannya tetap meninjau nilai daya aktif (P) yang mempunyai frekuensi dasar, daya semua (S) yang mempunyai frekuensi dasar serta harmonisa.

Nilai dari suatu faktor daya tidak dapat mencapai nilai sempurna yaitu 100 % dikarenakan seluruh beban-beban rangkaian listrik memiliki komponen yang bersifat induktansi dan kapasitansi yang mempengaruhi besaran daya reaktif (Q) [7]. Pada gambar 2.10 dapat dilihat bahwa nilai Q menentukan sudut daya antara P dan S (ϕ). Daya reaktif ini memang membuat nilai faktor daya tidak menjadi 100%, akan tetapi daya reaktif ini digunakan untuk membangkitkan medan magnet pada beban motor untuk menghasilkan torsi. Berdasarkan dominan beban pada sistem, faktor daya dibagi menjadi dua jenis yaitu faktor daya *lagging* dan *leading*. Jika beban dominan pada sistem adalah kapasitor atau bersifat kapasitif, faktor daya bersifat *leading*, sedangkan jika beban dominan pada sistem adalah induktor atau bersifat induktif, faktor daya bersifat *lagging*.



Gambar 2.16 Teori sifat faktor daya [7]

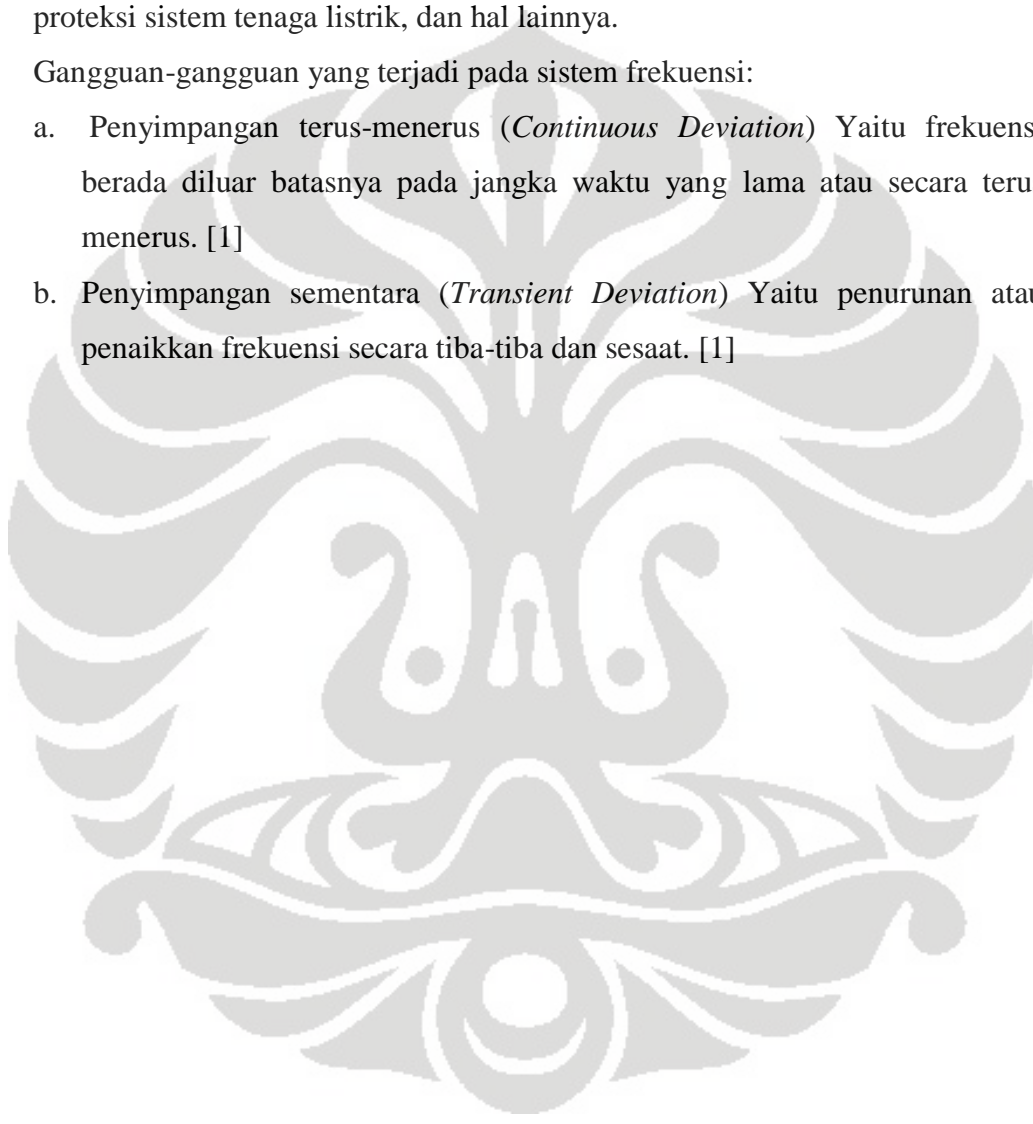
Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.19 Tahun 2014, nilai faktor daya (PF) yang baik didefinisikan pada nilai minimal sebesar 85% atau 0,85. Standar ini adalah standar yang menentukan bahwa daya yang dibangkitkan terserap digunakan dengan baik pada sisi pengguna energi listrik.

2.6. Frekuensi

Indonesia pada dasarnya menggunakan frekuensi listrik standar sebesar 50 Hz. beberapa contoh akibat dari frekuensi listrik yang tidak stabil yaitu mengakibatkan lepasnya generator dari sistem tenaga listrik, mengganggu motor-motor yang bekerja pada suatu kawasan industri sehingga mengganggu proses produksi, gangguan hubungan antara sisi pengirim daya dan sisi beban, gangguan proteksi sistem tenaga listrik, dan hal lainnya.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem frekuensi:

- a. Penyimpangan terus-menerus (*Continuous Deviation*) Yaitu frekuensi berada diluar batasnya pada jangka waktu yang lama atau secara terus menerus. [1]
- b. Penyimpangan sementara (*Transient Deviation*) Yaitu penurunan atau menaikkan frekuensi secara tiba-tiba dan sesaat. [1]



2.7. Standar yang Berlaku

- IEEE 519-1992, *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems* [8].

Standar ini menetapkan batas pada arus atau tegangan harmonik pada *point of common coupling* (PCC) atau titik dari pengukuran. Adapun tujuan dari standar ini adalah untuk menjamin bahwa sistem menyalurkan daya yang relatif bersih ke beban dan menjaga peralatan listrik dari bahaya harmonik yang berlebihan.

Tabel 2.2 Batas Distorsi Harmonik Arus untuk Distribusi Umum dengan Tegangan 120 V hingga 69 kV

I_{sc}/I_L	Orde Harmonik Individual (Orde ganjil) (%)					TDD (%)
	<11	$11 \leq n < 17$	$17 \leq n < 23$	$23 \leq n < 35$	$n \leq 35$	
<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
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
orde genap dibatasi sebesar 25 % dari angka diatas						
dengan :						
TDD = <i>Total Demand Distortion</i>						
I_{sc} = arus hubung singkat maksimum pada PCC						
I_L = arus maksimum yang dibutuhkan beban dengan frekuensi fundamental pada PCC						

Tabel 2.3 Batas Distorsi Harmonik Tegangan

Tegangan Bus (kV)	IHD _v (%)	THD _v (%)
$V < 69$	3,0	5,0
$69 \leq V < 161$	1,5	2,5
$V \geq 161$	1,0	1,5

- **SPLN D5.002 2008**

Standar yang ditetapkan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) ini menetapkan bahwa batas minimum nilai faktor daya pada suatu konsumen listrik adalah sebesar 0,85. Adapun jika konsumen tersebut gagal untuk mencapai angka 0,85 , maka konsumen tersebut harus membayar nilai energi reaktif (kVARH) yang digunakan atau diserapnya pula[15].

- **SPLN 1 1995**

Standar ini menetapkan bahwa variasi tegangan pelayanan yang ditetapkan adalah sebesar maksimum +5% dan minimum -10% terhadap tegangan nominal [16].

- **SPLN 1995**

Variasi nilai frekuensi yang diperbolehkan adalah $\pm 1\%$, sehingga nilai yang diperbolehkan adalah 49,5 Hz hingga 50,5 Hz [16].

- **NEMA (*National Equipment Manufacture's Association*) MG-1-1998 [10]**

Nilai faktor ketidakseimbangan tegangan maskimal yang diizinkan adalah sebesar 1%.

2.8. Perbaikan Kualitas Daya Listrik

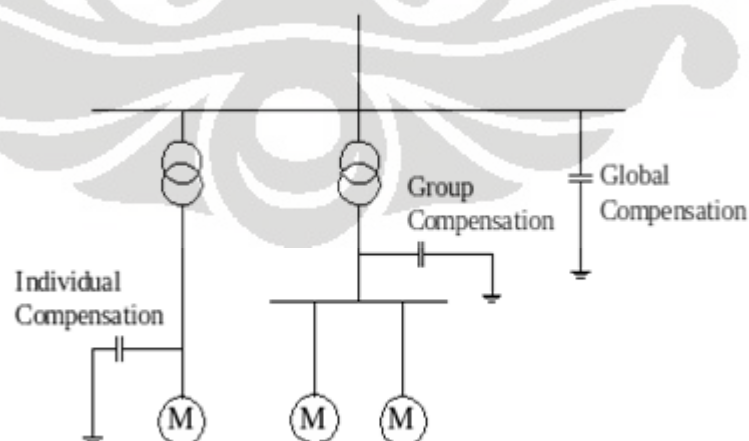
Suatu kualitas daya listrik bilamana memiliki kekurangan perlu dilakukannya perbaikan terhadap aspek-aspek berupa aspek harmonic dan faktor daya dari sistem. Tujuan untuk dilakukannya perbaikan tersebut ialah untuk penyesuaian suatu nilai dengan standar yang berlaku sehingga beban-beban yang digunakan terhindar dari risiko yang dapat diakibatkan oleh dampak negatif dari kualitas daya listrik yang kurang baik.

2.8.1. Perbaikan faktor daya menggunakan bank kapasitor

Pada perbaikan nilai faktor daya dilakukannya pengubahan pada besar nilai daya reaktif (Q), dikarenakan pada umumnya faktor daya bersifat *lagging* yang berarti bersifat induktif. Maka dari itu, untuk memperbaiki faktor daya yang memiliki sifat induktif tersebut diperlukannya sebuah kompensator yang bersifat kapasitif atau bernama kapasitor bank.

Selain itu kapasitor bank dapat juga digunakan untuk aplikasi lain yaitu filter harmonisa, proteksi terhadap petir, untuk *transformer testing*, *generator impuls*, *voltage divider kapasitor* [17].

Metode pemasangan kapasitor tergantung dari fungsi yang diinginkan. Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu *global compensation*, *individual compensation*, *group compensation* [17].



Gambar 2.17 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

2.8.1.1. *Global Compensation*

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP). Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang Delta Voltagenya masih cukup besar.

2.8.1.2. *Group Compensation*

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kva dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

2.8.1.3. *Individual Compensation*

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangan nya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total cost yang di perlukan lebih besar dari metode diatas

BAB 3

METODOLOGI EVALUASI KUALITAS DAYA LISTRIK

3.1 Evaluasi Kualitas Daya listrik

Evaluasi kualitas daya listrik adalah suatu proses evaluasi suatu sistem kelistrikan dengan tahapan yaitu pengumpulan data terkait objek penelitian, pengambilan data berupa parameter-parameter kualitas daya listrik, menganalisis data serta telah diolah menggunakan program perangkat lunak, dan menginterpretasikan data pengukuran tersebut menjadi suatu informasi yang bermanfaat. Tujuannya adalah untuk melakukan verifikasi bahwa subjek dari audit telah diselesaikan atau berjalan sesuai dengan standar yang diizinkan.

Pengukuran kualitas daya listrik dilakukan dengan metode secara langsung atau disebut dengan *real time method* pada panel *Sub Distribution Panel* (SDP) baik masing-masing pembagian pada SDP –LP Tower A, SDP-LP Tower B, SDP-PP Tower A, dan SDP-PP Tower B pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

3.1.1 Tujuan dari Evaluasi Kualitas Daya Listrik.

Berikut merupakan tujuan audit kualitas daya listrik :

- a. Keandalan (*Reability*), yaitu untuk menjamin suplai daya yang kontinyu;
- b. Keamanan (*Safety*), yaitu untuk menjamin keamanan manusia ataupun peralatan dari bahaya listrik yang akan timbul seperti panas berlebih (*overheating*), kejutan listrik, beban berlebih (*overloading*), dan kebakaran.
- c. Efisiensi (*Efficiency*), yaitu untuk mereduksi rugi-rugi daya yang hilang akibat buruknya instalasi, seperti sambungan yang kurang baik, dan isolasi yang buruk yang akan menimbulkan arus bocor.

3.1.2 Identifikasi Permasalahan Kualitas Daya Listrik.

Identifikasi masalah dalam kelistrikan harus direncanakan dengan matang untuk mendapatkan tujuan audit kualitas daya yang tepat sasaran. Beberapa

informasi yang digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan dalam kualitas daya listrik :

- a. Permasalahan alami (*force majeure*), seperti kegagalan peralatan, kesalahan fungsi dari sistem kendali dan peralatan
- b. Karakteristik dari beberapa peralatan yang sensitive terhadap permasalahan kualitas daya
- c. Kapan terjadinya secara *real time* suatu kegagalan dalam sistem tenaga listrik
- d. Sumber-sumber yang dapat menyebabkan variabel pada kualitas daya, seperti strating motor, switching kapasitor, penggunaan peralatan elektronika daya, peralatan yang menghasilkan busur api.
- e. Kondisi peralatan yang merupakan beban-beban yang terpasang.
- f. Data sistem kelistrikan, seperti diagram satu garis, ukuran dan impedansi transformator, dan informasi beban listrik.

3.1.3 Pemilihan Lokasi Penelitian

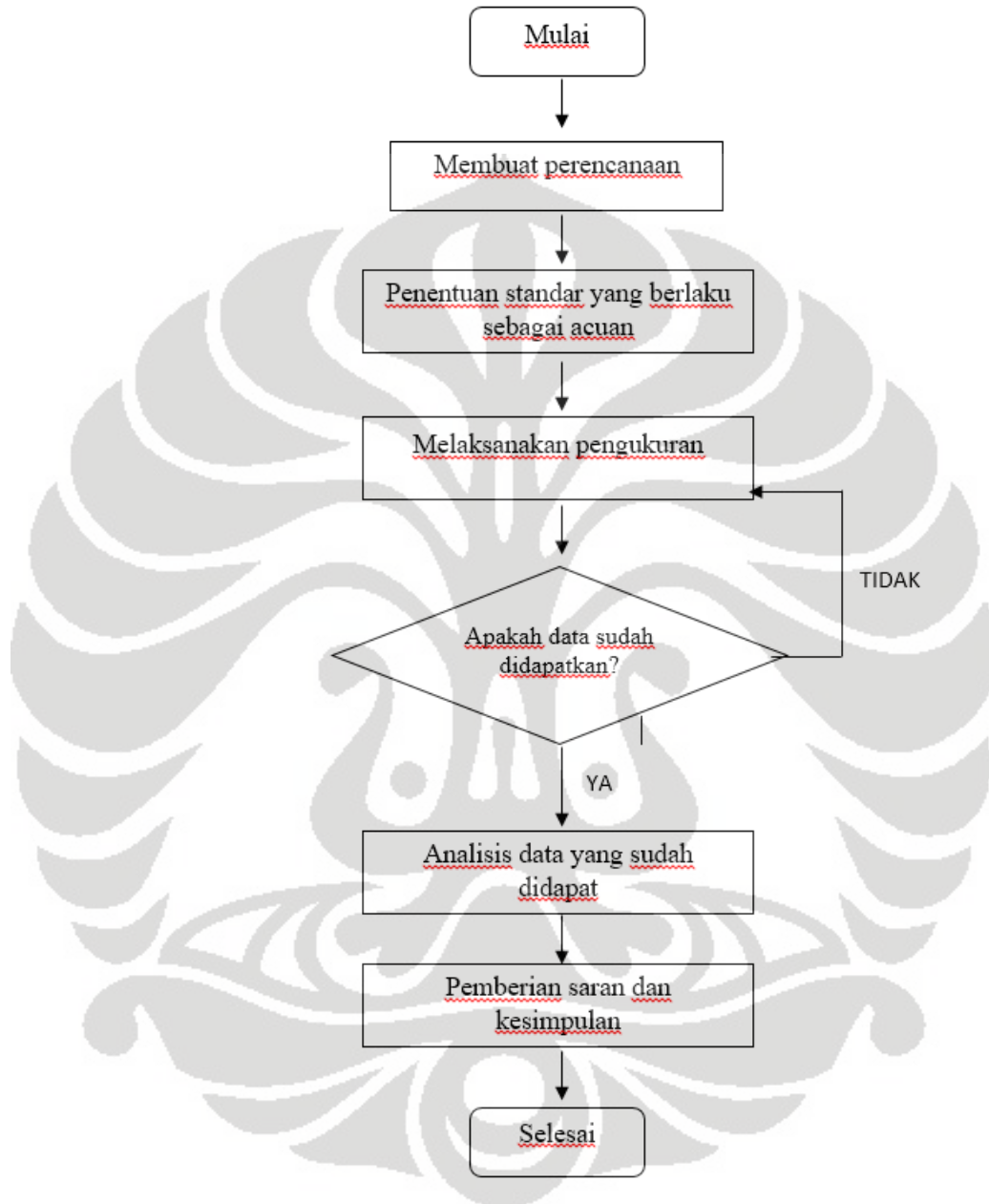
Pemilihan lokasi audit kualitas daya listrik perlu dilakukan guna menentukan pada bagian mana akan dilakukannya monitoring dan pengukuran parameter-parameter kualitas daya listrik. Monitoring yang dilakukan baiknya dilakukan pada semua titik lokasi, sehingga hasil dari pemantauan tersebut nantinya akan menggambarkan keadaan sistem tenaga listrik pusat riset dan edukasi gedung IMERI secara keseluruhan. Walaupun begitu, nyatanya kegiatan monitoring yang dilakukan disemua titik dapat menimbulkan biaya yang besar, menyita waktu yang lebih lama, dan akan timbul kesulitan pada pengolahan, analisis, serta interpretasi data. Kegiatan monitoring dapat dilakukan pada beberapa titik lokasi tertentu yang strategis dimana lokasi strategis tersebut dapat menentukan dan menggambarkan karakteristik sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pemantauan kualitas daya pada sistem distribusi dilakukan saat suplai listrik dimulai yaitu disisi sekunder *transformator step-down* sebagai pemasok energi listrik pelanggan. Data yang dipantau dan yang dikumpulkan ialah karakteristik variasi pembebanan dan tingkat distorsi harmonisa yang terjadi. Kegiatan monitoring pada sisi transformator sebagai pintu masuk energi listrik pada pelanggan mempunyai beberapa keuntungan yaitu kegiatan monitoring dilakukan hanya pada satu titik lokasi serta karakteristik sistem daya pada sisi pelanggan dapat diketahui dan biaya yang dibutuhkan cenderung lebih rendah. Tetapi pada penelitian kali ini, penulis menemukan kendala pada kemampuan alat yang tidak bisa mengukur pada panel yang ada di sisi setelah bagian sekunder transformator. Sehingga penulis melakukan pengukuran pada sisi panel yang ada di dalam gedung yang diteliti. Maka dari itu, dengan data yang presisi yang diperoleh dengan menggunakan peralatan PQA (*Power Quality Analyzer*) penulis dapat melakukan kegiatan monitoring perubahan kualitas daya listrik.

Pada penelitian kali ini, penulis melakukan kegiatan monitoring dan pengukuran pada *Sub Distribution Panel* (SDP) Gedung IMERI Universitas Indonesia. Pada Sub Distribution Panel (SDP) tersebut juga telah dikatakan sebelumnya dimana dipilah menjadi 7 bagian yaitu SDP –LP Tower A, SDP-LP Tower B, SDP-PP Tower A, SDP-PP Tower B, SDP-AC A, SDP-AC B, dan SDP-AC. Kegiatan monitoring dan pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dalam mendapatkan dan mengetahui kualitas daya listrik beserta nilai parameter-parameternya pada sisi masing-masing di Tower A dan Tower B. pengukuran tidak dilakukan pada sisi sekunder *transformator* karena keterbatasan alat *Power Quality Analyzer* (PQA) dimana kondisi dilapangan tidak memungkinkan untuk memasang *clamp ampere* yang memiliki ukuran yang tidak sepadan dan *rating clamp ampere* hanya mampu membaca nilai arus maksimum pada level 500 A. mengapa demikian, karena nilai keluaran arus pada sisi sekunder *transformator* secara langsung mencapai nilai arus yang lebih dari 500 Ampere. Terlebih, penulis memiliki alasan lain mengapa menggunakan ketujuh panel tersebut karena memiliki beban listrik paling besar serta nilai beban yang berubah-ubah atau fluktuatif dibandingkan dengan di titik panel lainnya yang ada di gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

3.2 Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang akan dilakukan dalam pengambilan data dijelaskan dalam diagram alir berikut ini.

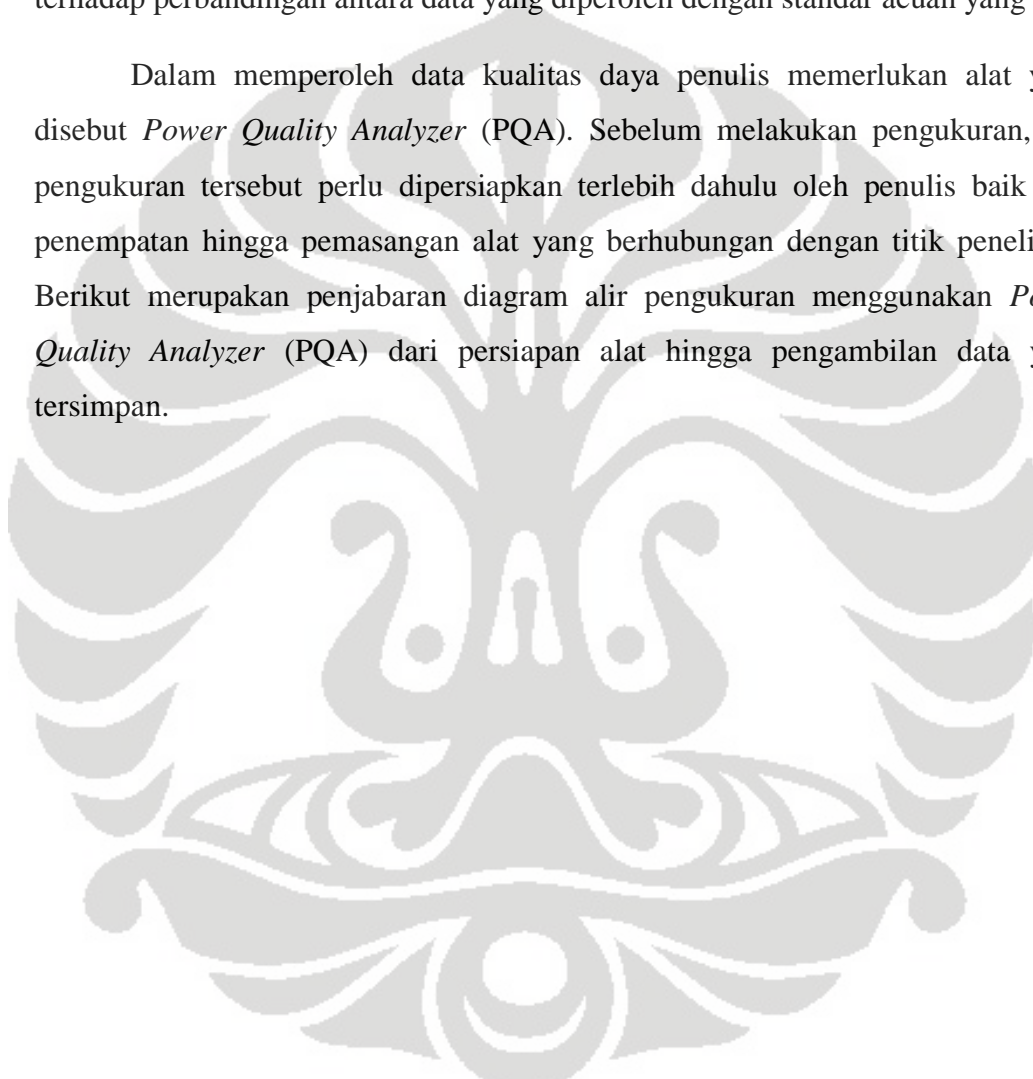


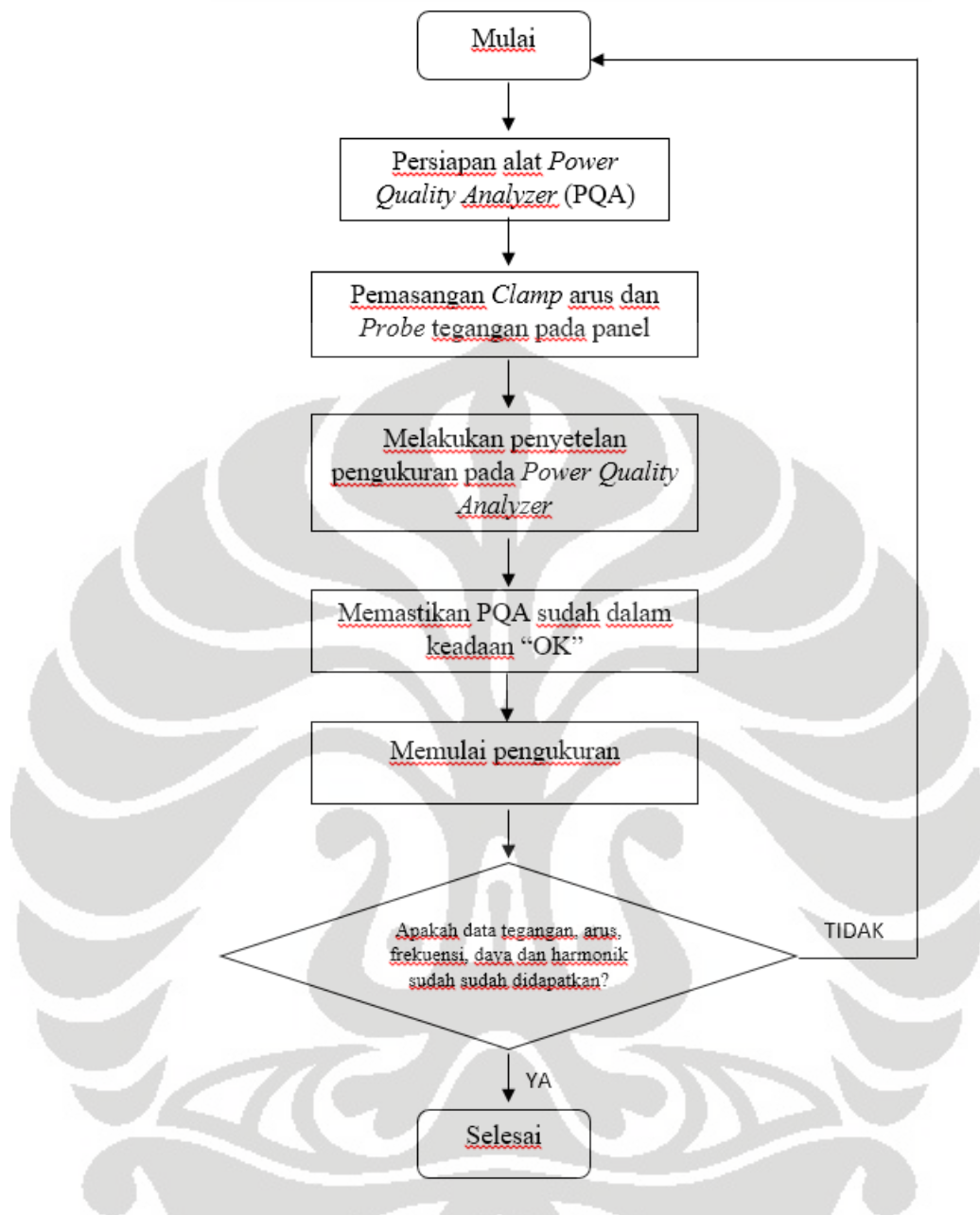
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahap yang dilakukan dalam alir penelitian analisis kualitas daya listrik gedung IMERI Universitas Indonesia dapat dilihat pada gambar 3.1. tahap ini terdiri dari tahap perencanaan penelitian yang dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian, tahap berikutnya dilakukannya penentuan standar acuan dalam penentuan

paramateter-parameter kualitas daya listrik yang akan diambil, langkah selanjutnya yaitu melalui tahapan pengukuran data-data yang diinginkan pada tiap panel yang telah ditentukan, setelah melakukan pengambilan data tahap selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data terkait dan sekaligus dilanjutkan pada tahap perbandingan hasil penelitian dengan standar acuan dari tiap parameter-parameter yang telah ditentukan, pada tahap terakhir dilakukannya analisis dan identifikasi terhadap perbandingan antara data yang diperoleh dengan standar acuan yang ada.

Dalam memperoleh data kualitas daya penulis memerlukan alat yang disebut *Power Quality Analyzer* (PQA). Sebelum melakukan pengukuran, alat pengukuran tersebut perlu dipersiapkan terlebih dahulu oleh penulis baik dari penempatan hingga pemasangan alat yang berhubungan dengan titik penelitian. Berikut merupakan penjabaran diagram alir pengukuran menggunakan *Power Quality Analyzer* (PQA) dari persiapan alat hingga pengambilan data yang tersimpan.

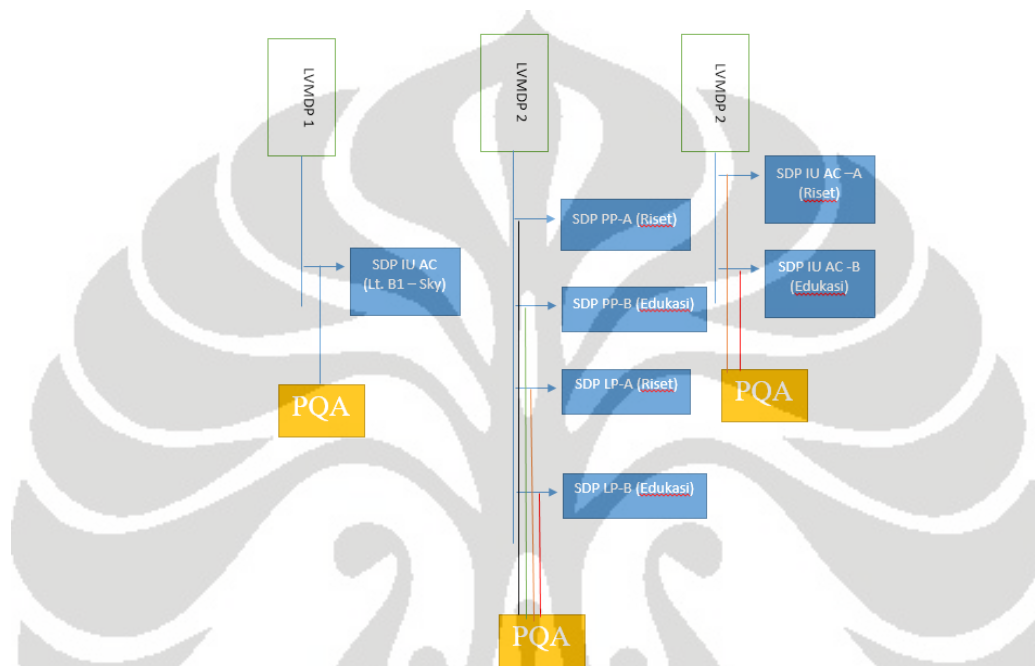




Gambar 3.2 Diagram Alir Pengukuran menggunakan PQA

Perencanaan penelitian perlu dilakukan untuk mempermudah pengukuran pada saat penelitian berlangsung. Perencanaan yang dimaksud ialah memperoleh data yang berkaitan dengan gambaran umum gedung, kondisi gedung dan sistem jaringan listrik, waktu pengukuran, lokasi dan titik penelitian, peralatan yang dipakai, dan penentuan standar setiap variabel listrik yang diukur yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran.

Setelah melakukan perencanaan tersebut maka langkah selanjutnya dilakukannya proses pengukuran pada titik lokasi dan lamanya waktu pengukuran yang telah ditentukan. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang selanjutnya dilakukan pengukuran pada tiap *Sub Distribution Panel* (SDP) yang sudah ditentukan sebelumnya pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.



Gambar 3.3 Titik penelitian dan tempat pemasangan *Power Quality Analyzer*

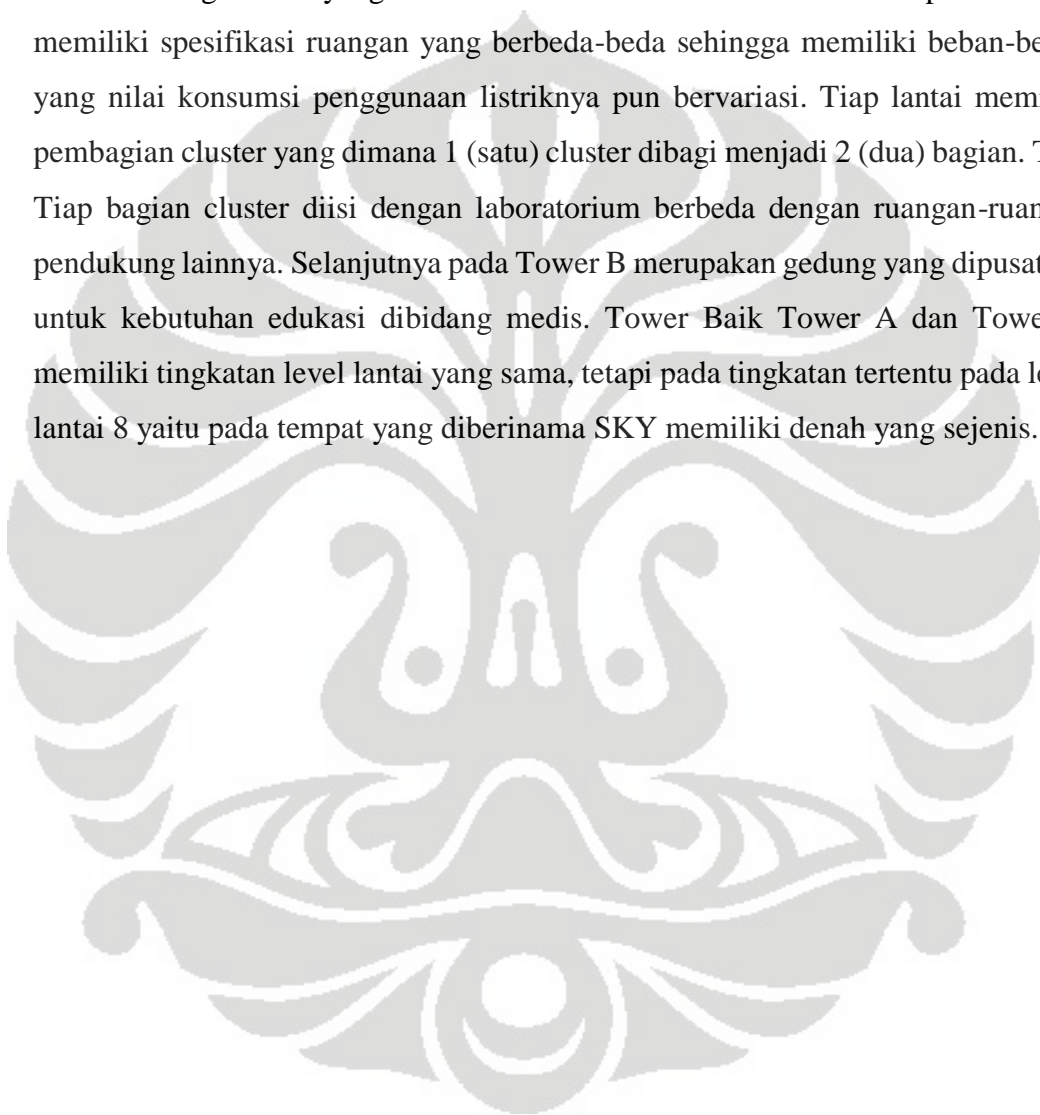
Setelah didapatkan data dari hasil pengukuran yang telah dilakukan maka hasil data dari rangkaian proses penelitian yang telah dilakukan akan dibandingkan dengan standar acuan yang telah ditentukan. Setelah diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut terkait hasil pengukuran maka penulis akan memberikan masukan dan saran dalam perbaikan kualitas daya listrik pada sistem kelistrikan gedung tersebut.

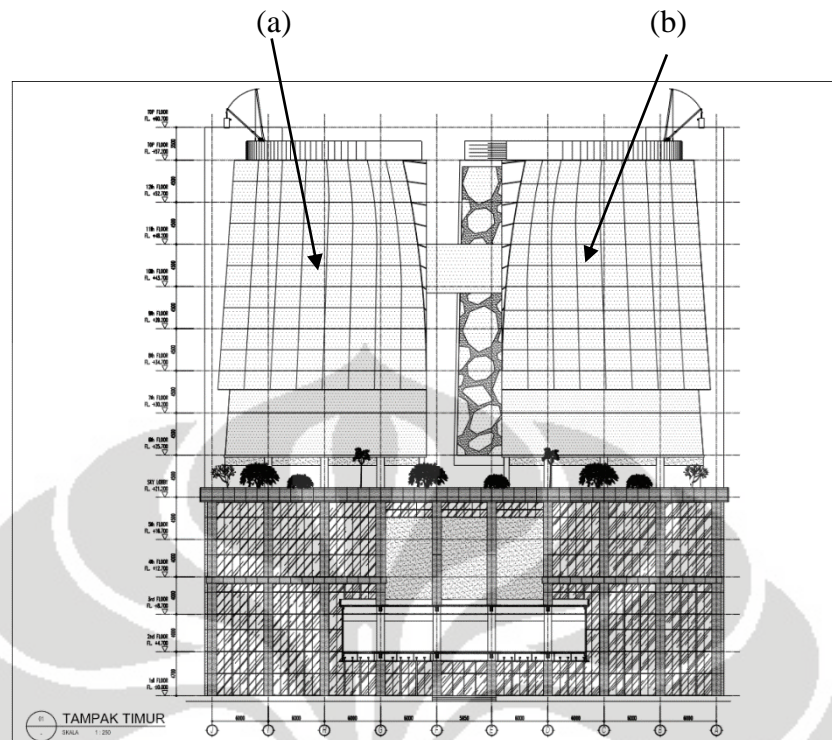
3.3 Perencanaan Penelitian

Penelitian perlu diawali dengan melakukan perencanaan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan gambaran umum gedung, sistem kelistrikan gedung, data aktivitas gedung, lokasi dan titik penelitian, beban-beban yang dipakai pada kegiatan operasional, dan penentuan standar setiap variabel listrik yang diukur yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

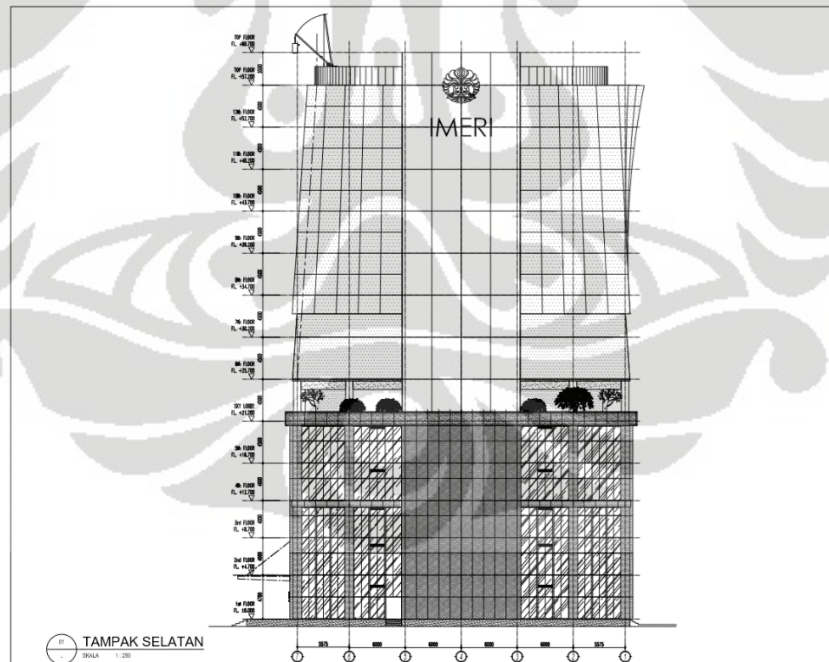
3.3.1. Gambaran Denah Gedung

Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia merupakan tempat pusat dimana berlangsungnya kegiatan edukasi, riset dan penelitian, konferensi, serta berbagai pelayanan dibidang medis. Gedung IMERI itu sendiri memiliki 2 bagian tower utama yang terpisah. Tower A merupakan pusat riset terkait bidang medis yang dimana terdiri dari 15 level lantai. Tiap lantai pun memiliki spesifikasi ruangan yang berbeda-beda sehingga memiliki beban-beban yang nilai konsumsi penggunaan listriknya pun bervariasi. Tiap lantai memiliki pembagian cluster yang dimana 1 (satu) cluster dibagi menjadi 2 (dua) bagian. Tiap bagian cluster diisi dengan laboratorium berbeda dengan ruangan-ruangan pendukung lainnya. Selanjutnya pada Tower B merupakan gedung yang dipusatkan untuk kebutuhan edukasi dibidang medis. Tower Baik Tower A dan Tower B memiliki tingkatan level lantai yang sama, tetapi pada tingkatan tertentu pada level lantai 8 yaitu pada tempat yang diberinama SKY memiliki denah yang sejenis.





Gambar 3.4 Denah Gedung Tampak Samping (a) Tower A (Edukasi) (b) Tower B (Riset)



Gambar 3.5 Denah Gedung Tampak Depan

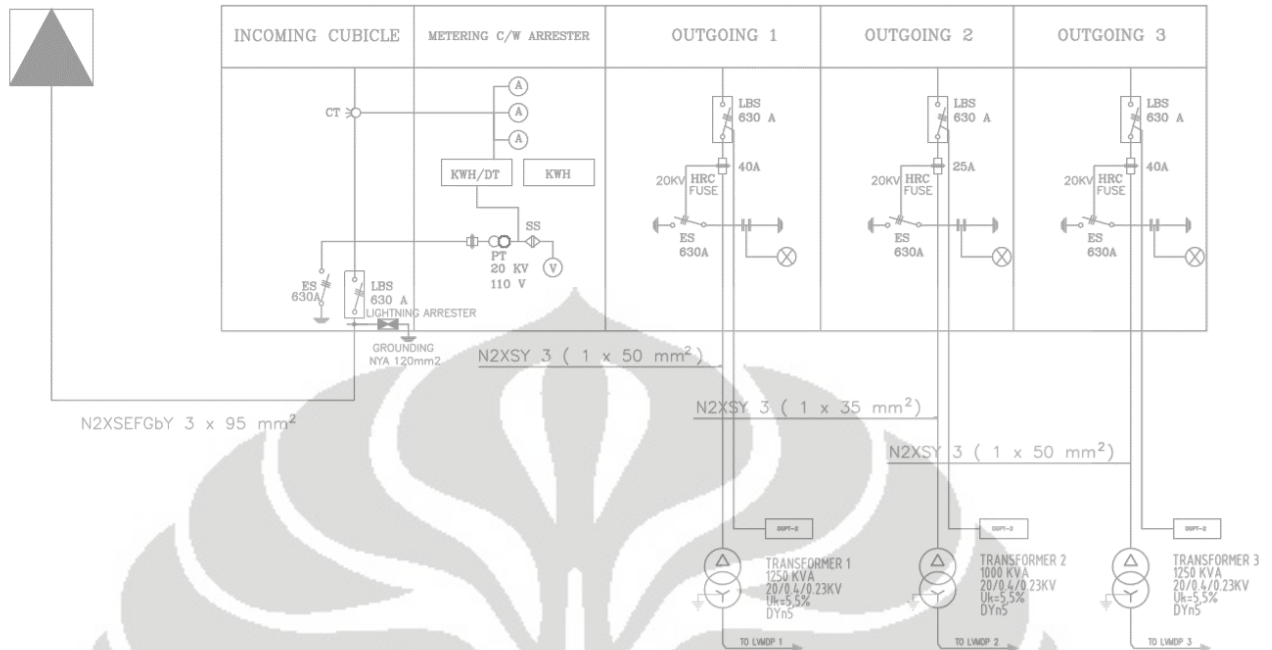
3.3.2. Kondisi Kelistrikan Gedung

Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dibangun pada tahun 2015 dan diresmikan pada tahun 2017. Gedung IMERI tersebut mendapatkan suplai daya listrik dari PLN yang dimana disuplai dari 2 gardu. Level tegangan yang didapat sebesar 20KV diturunkan menjadi 400 V menggunakan transformator step down yang ada di utility room. Pada Gedung IMERI tersebut terdapat 3 transformator utama yang dimana tiap transformator memiliki tanggung jawab masing-masing dalam menyuplai ke 3 *cubicle* utama. Tiap-tiap *cubicle* memiliki penamaan dan perannya tersendiri dalam menyalurkan daya ke beban-beban listrik. Daya listrik pada cubicle tersebut disalurkan menggunakan bus bar yang dimana level arusnya pada cubicle 1 dan 3 sebesar 1800 A serta pada cubicle 2 sebesar 1483 A dan selanjutnya pada level tegangan ketiga cubicle memiliki nilai tegangan yang sama sebesar 400 V.

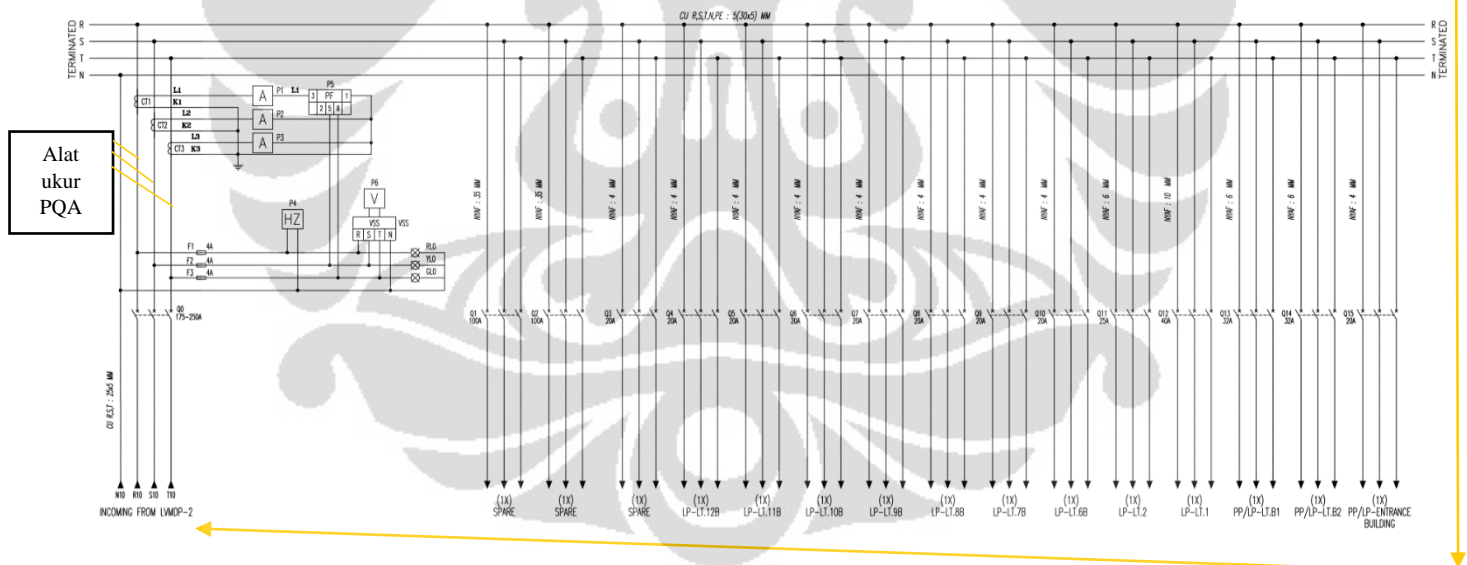
Cubicle tersebut membagi daya suplai listrik ke Sub Distribution Panel (SDP) ke masing-masing item yang ada di panel SDP tersebut. Panel-panel SDP tersebut akan distribusikan kembali kepada anak-anak panel yang berada dimasing-masing lantai yang dimana pembagian panelnya pun juga dibagi menjadi beberapa item pembebanan.

GARDU PLN
2770 KVA

PDTM (MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION BOARD)



Gambar 3.6 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan

Gambar 3.7 Penempatan alat ukur *Power Quality Analyzer*

Dalam sistem kelistrikan jenis kabel yang menjadi instalasi penghantar untuk menyalurkan listrik dari cubicle yang ada hingga menuju anak-anak sub panel pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia berupa kabel NYFGbY dengan ukuran yang beragam tergantung pada item panel yang bersangkutan,

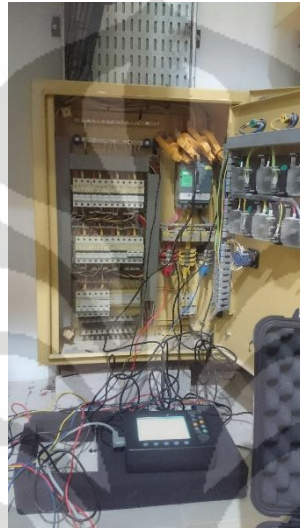
ukurannya mulai dari $4C \times 35mm^2$ – $4C \times 120mm^2$. Instalasi pemasangan kabel pada masing-masing panel juga berbeda-beda ada yang memakai 1 (satu) kabel hingga 4 (empat) kabel. Hal tersebut diperuntukan untuk memudahkan pemasangan kabel, dikarenakan semakin sedikit kabel maka semakin tebal kabel dan sulit untuk melakukan manuver pemasangan sehingga diperlukan pembagian kabel menjadi ukuran yang lebih kecil yang dapat mempermudah pemasangan. Kabel NYFGbY merupakan kabel berbahan dasar *Polyvinyl Chloride* (PVC) berwarna hitam. Kabel ini memiliki isolasi yang kuat dan bahannya dirancang untuk menghindari binatang pengerat yang dapat merusak struktur dari kabel tersebut. Kabel yang digunakan dalam pendistribusian listrik kepada anak-anak panel pada setiap lantai sama-sama menggunakan kabel NYY tetapi dengan dimensi ukuran kabel yang lebih kecil, ukuran kabel yang dipakai dari rentang $4C \times 4mm^2$ hingga $4C \times 25mm^2$ tergantung pada beban masing-masing panel. Selanjutnya, pada penyaluran listrik menuju tiap ruangan yang ada di gedung tersebut menggunakan kabel berbeda yaitu kabel jenis NYAF berukuran $4 mm^2$. Pemilihan kabel jenis NYAF dikarenakan ukuran kabel dan kapasitas kabel yang lebih kecil sehingga dapat disesuaikan dengan rating dari tiap ruangan yang ada serta kemudahan dalam instalasi jalur kelistrikan pada distribusi listrik pada ruangan.



Gambar 3.8 Keadaan Sekitar Panel SDP IU AC A

Pada gambar 3.6 merupakan kondisi sekitar SDP IU AC-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang dimana ruangan tersebut terisolir dari publik dan hanya diakses oleh teknisi dari gedung tersebut. Pada ruangan

tersebut terdapat penempatan panel lainnya sehingga pada 1 ruangan terdapat lebih dari 5 panel yang bertanggung jawab atas item-itemnya masing-masing seperti panel distribusi lampu tiap lantai, panel distribusi stop kontak tiap lantai, dan panel-panel lainnya. Pada ruangan tersebut memiliki sistem pencahayaan dan tata udara agar ruangan tersebut terasa kondusif serta dilengkapi oleh *cctv* dan *smoke* alarm untuk kebutuhan keselamatan.



Gambar 3.9 Foto SDP LP IU AC-A dan Alat Ukur Panel

Pada Gambar 3.7 foto yang terpapar merupakan foto depan panel SDP IU AC-A pada gedung sisi tower A di gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia beserta dengan alat ukur kualitas daya yang digunakan untuk penelitian. Panel dalam keadaan baik, terawat dan juga alat ukur berfungsi dengan baik.

3.3.3. Klasifikasi Beban

Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia memiliki klasifikasi beban yang berbeda-beda tiap ruanganannya. Dikarenakan gedung tersebut ialah pusat riset dan edukasi dalam bidang medis yang dimana juga merupakan pusat riset medis terbesar yang ada di Indonesia. Jika dijabarkan tiap item panel besaran tiap panel sebesar : pada panel SDP LP-B sebesar 83,38 KW, pada Panel SDP LP-A sebesar 97,31 KW, pada panel SDP PP-B sebesar 215,85 KW, pada panel SDP PP-A sebesar 407,65 KW, pada panel SDP IU AC sebesar

91,01 KW, pada panel SDP IU AC-B sebesar 52,9 KW, dan pada panel SDP IU AC-A sebesar 40,99 KW.

3.3.4. Waktu Pengukuran

Penulis melakukan pengukuran dimulai dari hari Senin tanggal 2 April 2018 sampai dengan hari Senin Tanggal 9 April 2018 yang dimana pada hari sabtu dan minggu masing-masing di tanggal 7 hingga 8 April 2018 tidak dilakukannya penelitian dikarenakan waktu operasional tidak dihentikan serta perizinan penelitian yang tidak diperkenankan untuk dilakukan pada kedua hari tersebut. Pengukuran yang dilakukan oleh penulis dimulai tiap harinya pada pukul 8.00 pagi hari hingga pukul 17.00 sore hari.

3.3.5. Survei Kegiatan Gedung

Survei kegiatan gedung dilakukan oleh penulis untuk mempermudah dalam pengolahan data dan analisis terkait kualitas daya listrik pada gedung IMERI tersebut. Para sivitas melakukan aktivitas berupa kegiatan administrasi, kegiatan edukasi, kegiatan riset dan penelitian, kegiatan pemeliharaan, serta kegiatan operasional lainnya selama \pm 8 jam dimulai dari pukul 08:00 pagi hari sampai dengan pukul 16:00 sore hari. Kegiatan pada gedung tersebut meliputi kegiatan internal yang memiliki jadwal rutin tiap harinya sehingga pada ruangan tertentu memiliki kondisi yang prioritas walaupun tidak dipakai seperti laboratorium yang memiliki peralatan riset khusus dalam penggunaannya, ruang konferensi dan seminar, dan ruangan lainnya. Untuk acara berikutnya yang bersifat eksternal, jadwal kegiatan tersebut tergantung pada peminjaman suatu ruangan yang akan dipakai pada acara terkait, sehingga tidak bersifat rutin tiap harinya.

3.3.6. Alat Ukur

Pengukuran pada panel distribusi gedung IMERI dilakukan menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* HIOKI seperti pada gambar 3.2. maka dari itu dilakukan pengumpulan data setiap parameter. Parameter yang diukur adalah tegangan, arus, frekuensi, harmonik, faktor daya. Setelah diperoleh data pengukuran dan inspeksi visual, dilakukan analisis terhadap hasilnya, apabila semua parameter listrik yang diukur sudah sesuai standar yang diacu untuk masing-

masing parameter, maka kualitas daya listrik gedung IMERI sudah dalam kondisi baik dan tidak perlu dilakukan mitigasi segera. Namun, jika terdapat parameter yang tidak sesuai standar yang diacu, akan dilakukan identifikasi permasalahan dan diberikan solusi agar nantinya solusi tersebut dapat dijadikan sebuah tindakan untuk dapat dilakukan perbaikan serta meningkatkan kualitas daya listrik gedung.



Gambar 3.10 alat Power Quality Analyzer

Gambar diatas merupakan foto alat *Power Quality Analyzer*. Lalu, Berikut merupakan spesifikasi dari alat *Power Quality Analyzer*.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Power Quality Analyzer*

Nama Alat Ukur	HIOKI Power Quality Analyzer
Tipe	3169-20
Rating tegangan suplai	100 – 240 V AC
Frekuensi	50/60 Hz
Dimensi	210 x 160 x 60 mm \pm 5 mm
Berat	1,2 kg \pm 100 g
Tipe pengukuran	1 fasa 2 kabel , 1 fasa 3 kabel, 3 fasa 3 kabel, 3 fasa 4 kabel
Fungsi pengukuran	Tegangan, Arus, Daya Aktif, Daya Reaktif, Daya Kompleks, Faktor Daya, Harmonisa, Frekuensi
Alat ukur pendukung	3 Clamp arus 9661 : rating arus maksimal 500 A
	3 Probe tegangan : rating tegangan 150 – 600 V

Hasil pengukurun berupa data *real time* parameter-parameter kualitas daya listrik pada Pusat Riset dan Edukasi Gedung IMERI Universitas Indoneisa yang didapat dari PQA (*Power Quality Analyzer*) akan diunduh dan dipindahkan ke komputer atau laptop untuk diolah. Data tersebut akan diolah menggunakan program perangkat lunak, HIOKI 9625 *Power Measurement Program Support*. Hasil

pengolahan data akan dianalisis dan akan dibandingkan dengan standar yang ada, setelah dibandingkan akan diberikan solusi atau rekomendasi guna meningkatkan kehandalan kinerja sistem tenaga listrik pada Pusat Riset dan Edukasi Gedung IMERI Universitas Indonesia.

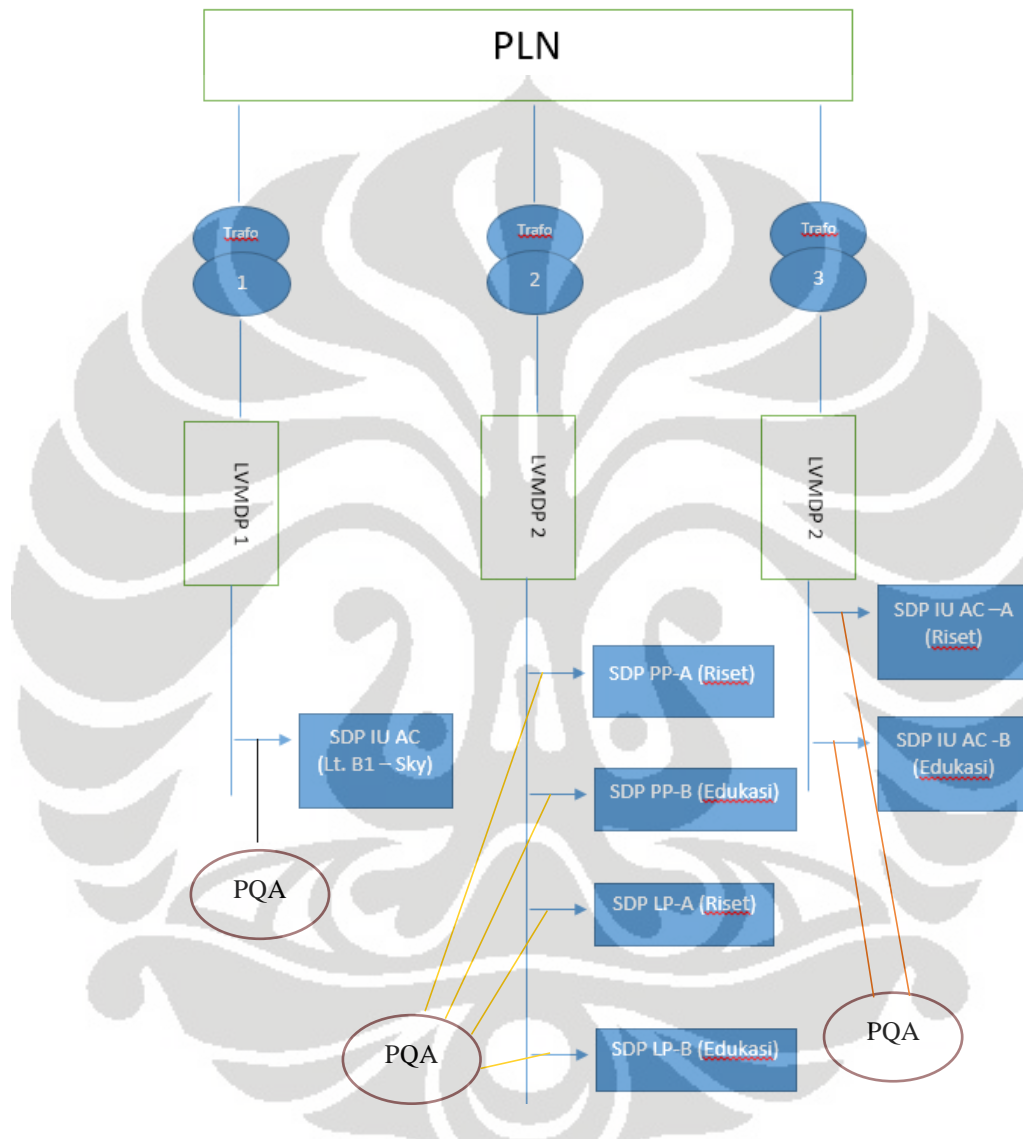


BAB 4

ANALISIS KUALITAS DAYA LISTRIK GEDUNG IMERI JAKARTA

Pada bab ini penulis akan mengolah dan menganalisis parameter-parameter listrik yang telah diukur pada panel *Sub Distribution Panel* (SDP) baik pada SDP PP-A, SDP PP-B, SDP LP-A, SDP LP-B, SDP AC-A, SDP AC-B, dan SDP AC UI pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Tiap pengukuran pada panel dilakukan selama kurang lebih 9 jam pada hari jam kerja. Pengukuran dilakukan pada hari jam kerja saat dimulainya jam kerja pada pukul 8.00 pagi hari hingga jam 17.00 sore hari pada waktu berakhirnya aktivitas pada gedung tersebut. Pengambilan data dimulai pada hari Senin 2 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018 yang dimana pada hari libur tidak dilakukannya pengukuran yaitu pada tanggal 7 dan 8 April 2018. Parameter-parameter listrik yang akan dianalisis yaitu pada parameter tegangan, ketidakseimbangan tegangan, arus, harmonisa, frekuensi, konsumsi daya, dan faktor daya. Setelah melakukan evaluasi pada sistem kelistrikan yang telah ditentukan penulis akan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan mutu kinerja system distribusi tenaga listrik pada tempat terkait.

Berikut merupakan penggambaran dari jalur sistem kelistrikan dari sumber tegangan PLN menuju masing-masing titik penelitian *Sub Distribution Panel* di Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia :



Gambar 4.1 Jalur sistem kelistrikan menuju masing-masing *Sub Distribution Panel*.

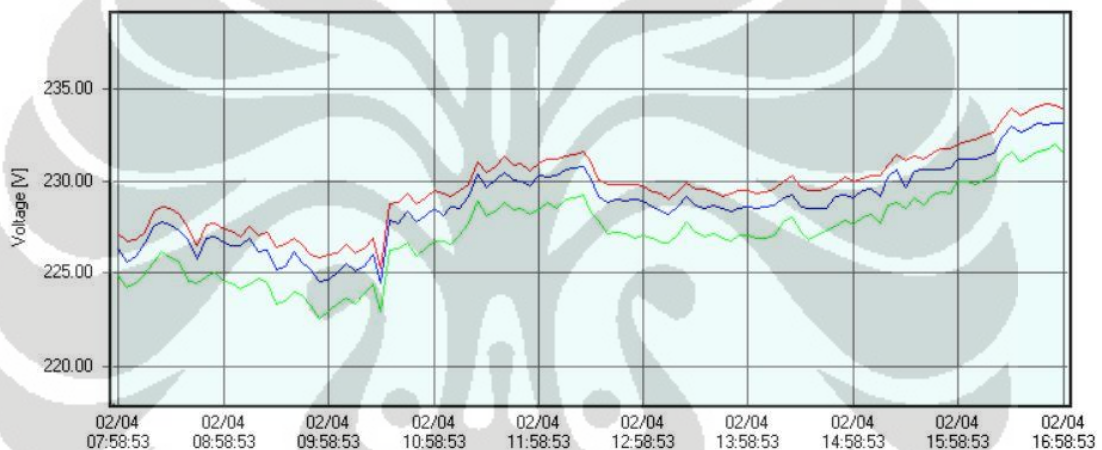
Jika dijabarkan besaran beban tiap panel sebesar masing-masing : pada panel SDP LP-B sebesar 83,38 KW, pada Panel SDP LP-A sebesar 97,31 KW, pada panel SDP PP-B sebesar 215,85 KW, pada panel SDP PP-A sebesar 407,65 KW,

pada panel SDP IU AC sebesar 91,01 KW, pada panel SDP IU AC-B sebesar 52,9 KW, dan pada panel SDP IU AC-A sebesar 40,99 KW.

4.1 Tegangan

4.1.1. Tegangan SDP LP-B (Tower B)

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Senin 2 April 2018 yang mana berupa data yang berada pada SDP LP-B (Tower B). Data pada SDP LP-B merupakan data item penerangan atau lampu yang ada diseluruh tower B. Data yang didapatkan merupakan pengukuran pada alat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang kemudian diolah menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Setiap Fasa SDP LP-B

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.2 dapat diidentifikasi nilai tegangan dimulai dari pukul 8.00 – 17.00 mengalami peristiwa fluktuasi baik kenaikan atau penurunan nilai tegangan. Pada rentang waktu yang ada para sivitas, karyawan, dan tenaga kerja lainnya melakukan banyak aktivitas yang beragam sehingga nilai tegangan relatif berubah-ubah tiap waktunya. Nilai tegangan mencapai nilai tertingginya pada rentang waktu pukul 16.00 - 17.00 sore nilai tegangan tersebut menjadi naik

dikarenakan penurunan aktivitas yang dilakukan oleh sivitas mengakibatkan penggunaan nilai beban menurun sehingga nilai tegangan pada sistem mengalami kenaikan. Penurunan nilai tegangan yang signifikan berada pada rentang nilai jam 9.00 – 10.00 pagi dan mencapai nilai terendah pada pukul 9.53 pagi. Hal ini dikarenakan para sivitas melakukan kegiatan aktivitas dipagi hari dengan menggunakan daya listrik yang lebih besar dari pada saat di rentang waktu lainnya, sehingga kenaikan pemakaian beban penerangan tersebut menyebabkan nilai arus yang mengalami kenaikan dan nilai tegangan mengalami penurunan seperti yang terlihat pada tabel. Pada rentang waktu berikutnya terjadi kenaikan nilai tegangan pada jam 10.00-12.30 siang hari sehingga asumsi pemakaian listrik pada penerangan turun secara signifikan karena pada jam tersebut aktivitas pada gedung terhenti selagi waktu istirahat berjalan. Pada pukul 13.00 – 15.00 terjadi penurunan tegangan yang dimana pemakaian beban meningkat pada rentang waktu tersebut serta nilai grafik tiap fasa mengalami kondisi yang stabil pada jam-jam tersebut. Nilai titik tegangan dengan seiring berjalannya waktu setelah melalui jam 15.00 - 17.00 mengalami kenaikan tegangan yang dimana beban-beban pada gedung tersebut dengan seiring berjalannya waktu sudah mulai di non-aktifkan. Hingga pada puncaknya pada jam 17.00 seluruh aktivitas gedung sudah memasuki jam pulang kerja. Hal tersebut tidak menampak pada pemutusan seluruh beban penerangan karena pada ruangan-ruangan tertentu masih memerlukan penerangan sehingga masih adanya beban yang memerlukan daya listrik.

Tabel 4.1 Nilai Tegangan Setiap Fasa SDP LP-B Senin 2 April 2017

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	234.17	232.00	233.16
Waktu Tegangan Maksimum	16:53:53	16:53:53	16:43:53
Tegangan Minimum (Volt)	225.27	222.52	224.44
Waktu Tegangan Minimum	10:28:53	09:53:53	10:28:53
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	229.59	227.08	228.71

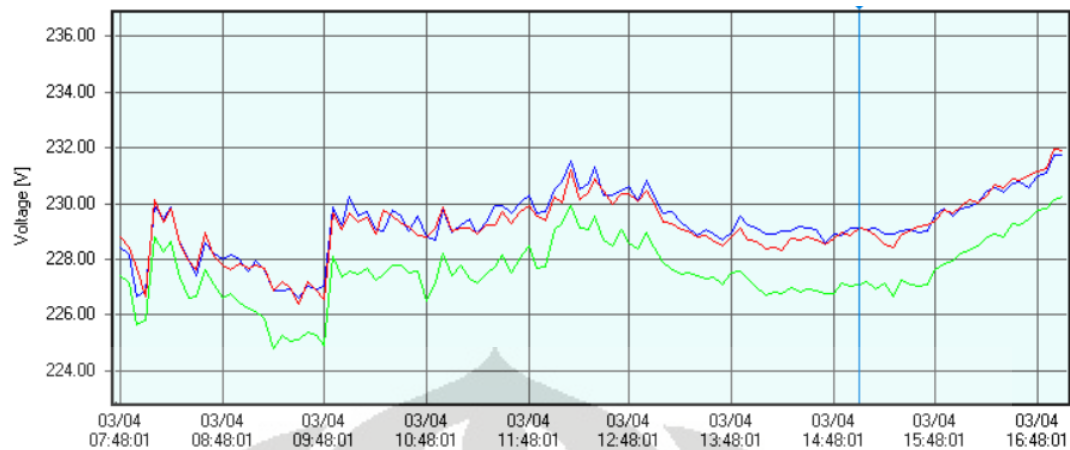
Dari data yang ada didalam tabel diatas, Tabel 4.1 menunjukan nilai tegangan maksimum terjadi di fasa R dengan nilai tegangan 234.17 Volt, waktu

terjadinya nilai tegangan maksimum ini ialah pukul 16:53, nilai tegangan maksimum tersebut terjadi dikarenakan sivities yang ada di gedung tersebut sudah menyelesaikan seluruh aktivitas yang bekerja sudah menyelesaikan tugasnya dengan kata lain sudah lewat dari jam pulang kerja pada pukul 16.00 sore hari. Selanjutnya pada nilai tegangan minimum terjadi di fasa R dengan nilai 225.27 Volt, nilai tegangan minimum terjadi karena para sivities yang bekerja pada gedung tersebut memerlukan penerangan yang baik untuk menunjang aktivitas mereka sehingga pemakaian beban penerangan menjadi meningkat dan pada akhirnya mengakibatkan penurunan nilai tegangan.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP PP-B tersebut memiliki nilai batas atas tegangan pada tiga fasanya lebih besar dari 231 Volt sehingga dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut tidak sesuai dengan standar yang ada karena mengalami *over voltage* pada ketiga fasa R, S, dan T.

4.1.2. Tegangan SDP PP-B

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Selasa 3 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang kemudian diolah menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti yang digambarkan pada penggambaran berikut ini :



Gambar 4.3 Grafik Tegangan SDP PP-B

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.3 dapat kita pahami bahwa nilai tegangan tersebut relatif sama kondisinya dengan yang dimiliki SDP LP-B. pengukuran dilakukan selama 9 (Sembilan) jam dimulai pada pukul 8.00 pagi hari pada jam kerja hingga 17.00 sore hari pada saat jam pulang kerja yang dimana tidak ada aktivitas operasional dan kegiatan riset dan edukasi didalam gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Pada umumnya nilai tegangan mengalami penurunan dimulai pada pukul 8.00 – 10.00 pagi hari dikarenakan aktivitas yang ada pada gedung tower B yang dikhususkan pada kegiatan edukasi sudah dimulai sehingga dapat dipastikan penurunan nilai tegangan yang ada berdampak pada kenaikan nilai arus yang khakikatnya merupakan bertambahnya pemakaian beban pada tower B tersebut. Kenaikan tegangan terjadi pada rentang waktu jam 10.00 – 13.00 siang hari dimana pada kurun waktu tersebut aktivitas berangsur-angsur mulai menurun dikarenakan jam istirahat berlangsung pada pukul 12.00 – 13.00 siang hari. Aktivitas sivitas dimulai lagi pada pukul 13.00 dan juga berangsur-angsur nilai tegangan mulai menurun dikarenakan aktivitas sudah berlangsung. Nilai tegangan relatif stabil diposisinya walaupun mengalami sedikit fluktuasi hingga pada jam 15.48. pengukuran menunjukan pada jam setelah 15.48 dimana memasuki jam pulang

kerja grafik menunjukkan nilai tegangan yang menaik dikarenakan sivities sudah mengakhiri kegiatan operasionalnya sehingga nilai arus dipastikan menurun. Hingga pada titik puncak tertingginya pada jam 16. 57 sore hari.

Tabel 4.2 Nilai Tegangan Setiap Fasa Selasa 3 April 2018

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	231.97	230.25	231.74
Waktu Tegangan Maksimum	16:58:01	17:03:01	16:58:01
Tegangan Minimum (Volt)	226.38	224.83	226.59
Waktu Tegangan Minimum	09:33:01	09:18:01	09:33:01
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	229.15	227.55	229.27

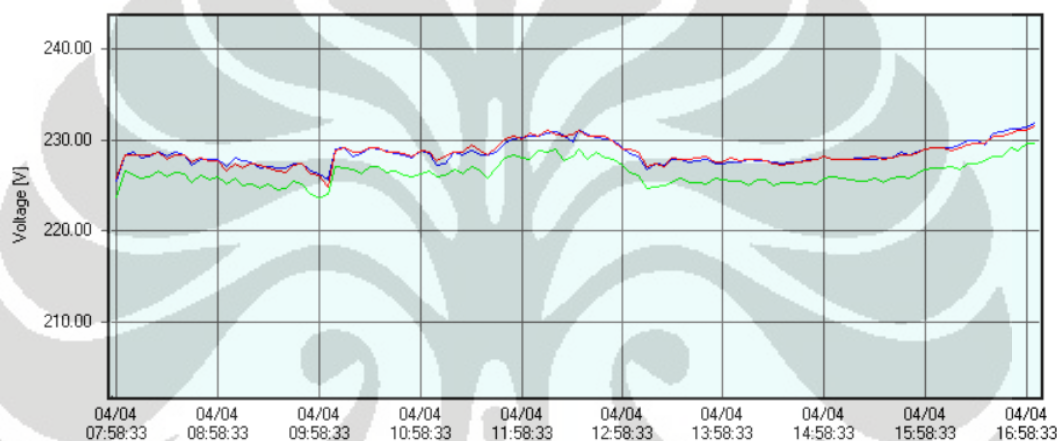
Dari data yang terpampang diatas pada tabel 4.2 nilai tegangan maksimum terjadi di fasa R dengan nilai 231.97 Volt, waktu terjadinya nilai tegangan maksimum terjadi pada pukul 16:58, nilai tegangan maksimum tersebut terjadi dikarenakan kegiatan sivities sudah berakhir pada jam kerja yang dimana jam 16:58 sudah lewat dari jam pulang kerja pada gedung tersebut sehingga aktivitas yang ada sudah tidak berlangsung. Lain halnya dengan nilai tegangan minimum yang terjadi di fasa S dengan nilai 224.83 pada pukul 9:18, nilai tegangan tersebut muncul dikarenakan aktivitas sivities melakukan kegiatan dipagi hari yang memerlukan energi listrik yang tidak sedikit sehingga mempengaruhi menguatnya nilai arus dan melemahnya nilai tegangan. Dari ketiga fasa yang terpapar terlihat pada fasa S memiliki nilai rata-rata tegangan yang paling kecil, hal tersebut terjadi karena instalasi stop kontak pada fasa S memiliki beban yang lebih banyak dari pada fasa lainnya, sehingga memiliki nilai tegangan yang paling kecil jika dibandingkan dengan nilai rata-rata tegangan di fasa R atau T.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP PP-B tersebut memiliki nilai batas atas tegangan sebesar 231.97 Volt pada fasa R dan 231.74 Volt pada fasa T sehingga jika dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai

tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut tidak sesuai dengan standar yang ada karena mengalami *over voltage* di dua fasa yaitu fasa R dan T.

4.1.3. Tegangan SDP PP-A

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Rabu 4 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer (PQA)* yang kemudian diolah pada program preangkat luak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti ini :



Gambar 4.4 Grafik Nilai Tegangan SDP PP-A

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.4 dapat kita lihat nilai tegangan pukul 08.00 – 17.00 memiliki nilai yang pada rentang waktu 9 jam tersebut memiliki kondisi yang cukup stabil nilainya baik dari nilai awal hingga nilai akhir tegangan walaupun pada waktu tertentu dengan contoh pukul 10.00 – 13.00 mengalami kenaikan tegangan yang dimana hal tersebut menandakan penurunan pemakaian beban pada rentang waktu tersebut sehingga nilai arus menjadi meningkat. Serta pada pukul 13.00 – 17.00 nilai tegangan mulai

menandakan penurunan kembali dikarenakan aktivitas sivitas dimulai kembali setelah melewati jam istirahat kerja pada gedung tersebut hingga menempati nilai tegangan tertinggi saat pukul 17.00 setelah seluruh aktivitas sivitas terhenti.

Tabel 4.3 Tegangan Setiap Fasa Rabu 4 April 2018

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	231.53	229.57	231.87
Waktu Tegangan Maksimum	17:03:33	16:58:33	17:03:33
Tegangan Minimum (Volt)	224.92	223.68	225.60
Waktu Tegangan Minimum	10:03:33	09:58:33	07:58:33
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	228.58	226.41	228.57

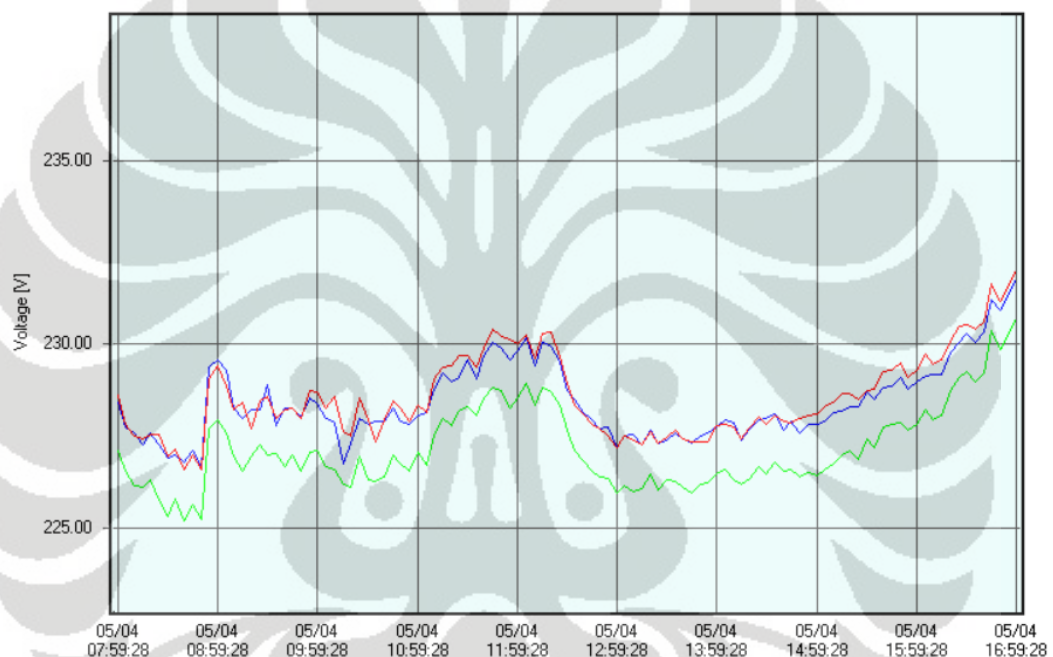
Dari data yang terpapar pada tabel 4.3 terlihat nilai tegangan maksimum terjadi di fasa T dengan nilai tegangan sebesar 231.87 Volt, waktu terjadinya nilai tegangan maksimum tersebut ialah pada pukul 17:03:33. Nilai tegangan maksimum tersebut terjadi saat seluruh aktivitas sivitas sudah terhenti sehingga sebagian beban yang dipakai sebelumnya sudah diberhentikan kinerjanya walaupun pada tower a tersebut memiliki beban listrik berupa peralatan medis khususnya pada kegiatan riset yang bersifat stand by. Selanjutnya pada nilai tegangan minimum terjadi di fasa S dengan nilai tegangan minimum sebesar 223.68 Volt yang terjadi pada pukul 09:58. Nilai tegangan minimum tersebut terjadi karena kegiatan sivitas pada gedung sisi tower a yang mayoritas merupakan tempat kegiatan riset medis yang menggunakan banyak peralatan riset tertentu tiap ruangnya pada rentang waktu tersebut, sehingga menurunnya nilai tegangan.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP PP-A tersebut memiliki nilai batas atas tegangan sebesar 231.87 Volt pada fasa T dan 231.53 pada fasa R sehingga jika dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai

tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut tidak sesuai dengan standar yang ada karena mengalami *over voltage* di dua fasa yaitu pada fasa T dan R.

4.1.4. Tegangan SDP LP-A

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Kamis 5 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer (PQA)* yang kemudian diolah pada program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti ini :



Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan SDP LP-A

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari Gambar 4.5 yang terpampang diatas terlihat penggambaran grafik yang menunjukkan pengukuran pada SDP LP-A yang dimana dimulai pada rentang waktu 8.00 – 17.00 selama 9 (Sembilan) jam. Pada panel tersebut menunjukkan nilai yang

cukup menarik karena pada tower A tersebut terdapat beberapa alat yang dimana beban-beban listrik yang memiliki sifat stand by selalu berfungsi maka dari itu diperlukannya juga sistem penerangan ruangan yang stand by pada setiap waktu. Pada pukul 08.00 – 09.00 terjadi rentang nilai tegangan yang relatif kecil dibandingkan dengan rentang nilai lainnya. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan penerangan pada beberapa ruangan memiliki prioritas khusus dan pada rentang waktu tersebut kegiatan operasional cukup beragam sehingga memerlukan penerangan yang cukup, rentang waktu pada pukul 9.00 – 11.00 nilai tegangan menunjukan nilai yang lebih besar dikarenakan beberapa ruangan sudah tercukupi oleh sinar matahari yang berasal dari luar dan cukup besar intensitasnya untuk menerangi ruangan tertentu yang memiliki pencahayaan dari luar gedung. Pada pukul 11.00 – 13.00 terjadi nya kenaikan nilai tegangan yang dimana menunjukan pemakaian sistem penerangan yang menurun dikarenakan pada kurun waktu tersebut kegiatan operasional akan mulai terhenti karena akan memasuki waktu istirahat. Pada kurun waktu berikutnya nilai yang terjadi relatif sama dengan hari-hari sebelumnya nilai tegangan akan turun dan selagi kurun waktu menuju jam pulang kerja nilai tegangan akan naik yang dimana menunjukan berakhirnya aktivitas sivitas pada gedung tersebut.

Tabel 4.4 Nilai Tegangan Setiap Fasa Kamis 5 April 2018

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	232.03	230.69	231.79
Waktu Tegangan Maksimum	16:59:28	17:59:28	18:59:28
Tegangan Minimum (Volt)	226.59	225.22	226.70
Waktu Tegangan Minimum	08:49:28	08:39:28	08:49:28
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	228.59	227.18	228.45

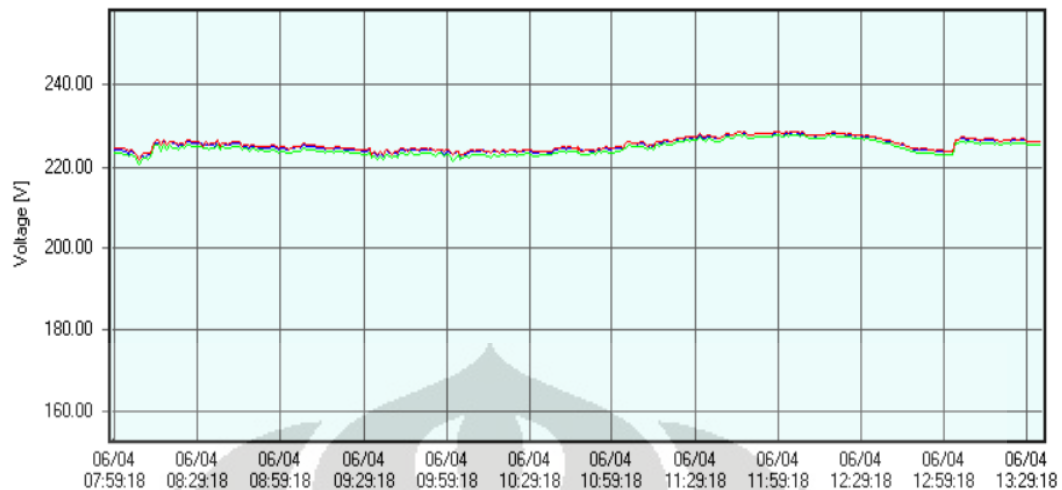
Dari data yang terpapar diatas yang ada pada tabel 4.4 nilai tegangan maksimum terjadi pada fasa R dengan nilai tegangan 232.03 yang dimana waktu terjadinya pada pukul 16:59, nilai tegangan maksimum tersebut terjadi saat sivitas telah menyelesaikan pekerjaannya sehingga sistem penerangan tidak sepenuhnya diaktifkan. Sementara itu pada nilai tegangan minimum terjadi pada fasa S yang

terjadi pada pukul 08:49 pagi hari dimana nilai minimum sebesar 225.22, nilai tegangan tersebut terjadi karena kegiatan operasional sudah sepenuhnya berjalan sehingga memerlukan penerangan demi menunjang aktivitas pekerjaan sivitas yang ada di gedung tersebut. Setiap nilai tegangan pada tiap fasa relatif sama sehingga pada distribusi pada instalasi listrik pada sistem penerangan cukup berimbang tiap fasanya.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP LP-A tersebut memiliki nilai batas atas tegangan sebesar 232 Volt pada fasa R dan 231.79 Volt pada fasa T sehingga jika dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut tidak sesuai dengan standar yang ada karena mengalami *over voltage* di dua fasa pada fasa R dan T.

4.1.5. Tegangan SDP-IU AC

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Jumat 6 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang kemudian diolah pada program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti yang digambarkan pada penggambaran berikut ini :



Gambar 4.6 Grafik Nilai Tegangan SDP UI AC

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.6 dapat ditelusuri bahwa nilai tegangan pada pukul 08.00 – 17.00 mengalami nilai yang cukup stabil, dimana pada kurun waktu tersebut para sivitas melakukan beragam aktivitas yang dimana suhu ruangan yang ada pada gedung tersebut ditopang oleh sirkulasi udara yang menggunakan pendingin ruangan berbasis tipe sentral sebagai peralatan pendingin yang harus bekerja optimal setiap waktunya. Penggunaan pendingin ruangan yang ada pada gedung tersebut digunakan sepenuhnya pada setiap ruangan yang ada pada gedung tersebut tanpa terkecuali.

Tabel 4.5 Nilai Tegangan Setiap Fasa Kamis 6 April 2018

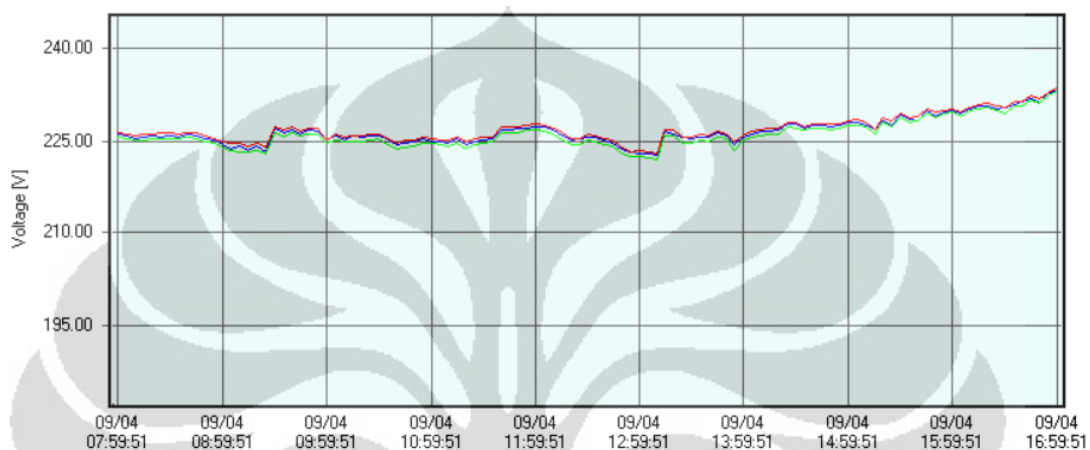
Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	228.74	227.90	228.56
Waktu Tegangan Maksimum	12:02:18	11:59:18	11:45:18
Tegangan Minimum (Volt)	222.01	220.84	221.70
Waktu Tegangan Minimum	08:08:18	08:08:18	08:08:18
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	225.66	224.67	225.43

Dari data yang terpapar di tabel 4.5 yang ada diatas nilai tegangan maksimum terjadi di fasa R dengan nilai tegangan 228.74 Volt. Waktu terjadinya nilai tegangan maksimum tersebut ialah pada pukul 12:02 siang hari, nilai tegangan maksimum terjadi pada saat siang hari saat jam istirahat dimulai sehingga sivitas tidak melakukan aktivitas didalam ruangan melainkan diluar area gedung tersebut dan bias dikatakan penggunaan beban pendingin ruangan menjadi menurun. Sedangkan pada nilai tegangan minimum yang terjadi di fasa S dengan nilai tegangan 220.834 Volt yang terjadi pada pukul 08:08 pagi hari, nilai tegangan tersebut terjadi pada saat jam waktu mulai kerja dimulai sehingga seluruh beban pendingin ruangan dioperasikan secara penuh. Dengan nilai tegangan yang ada pada grafik pada dasarnya pendingin ruangan yang dioperasikan secara terus menerus tersebut tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan yang signifikan sehingga kenaikan ataupun penurunan tersebut disebabkan oleh turun naiknya suhu tiap ruangan yang diatur oleh sivitas yang mengatur suhu ruangan tersebut secara manual sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP IU AC tersebut memiliki nilai batas atas tegangan dan batas bawah masing-masing sebesar 228 Volt serta 220 Volt. Apabila dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut sesuai dengan standar yang ada.

4.1.6. Tegangan SDP-IU AC B

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Senin 9 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang kemudian diolah pada program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti yang digambarkan pada penggambaran berikut ini :



Gambar 4.7 Grafik Nilai Tegangan SDP-UI AC B

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari grafik yang terpapar diatas pada gambar 4.7 dapat dilihat nilai tegangan pada pukul 08.00 – 17.00 mengalami fluktuasi kenaikan dan penurunan nilai, tetapi fluktuasi yang terjadi tidak terlalu signifikan. Nilai tegangan SDP-IU AC B ini memiliki kenaikan dan penurunan yang lebih beragam bila dibandingkan dengan nilai tegangan SDP-IU AC. Pada rentang waktu 08.00 – 11.00 nilai tegangan mengalami kenaikan dan penurunan tetapi kenaikan dan penurunan yang terjadi relatif kecil. Penurunan dan kenaikan yang terjadi diakibatkan pada penggunaan ruangan yang tidak terlalu sibuk pada tower B tersebut yang diperuntukan untuk sarana edukasi. Walaupun penggunaan pendingin ruangan dioperasikan sepenuhnya, kegiatan sivitas yang melibatkan banyak orang tidak berlangsung pada

hari tersebut pada ruangan tertentu seperti teaching theatre, ruangan manikin, dan ruangan diskusi serta ruangan pertemuan lainnya. Pada rentang waktu pukul 14.00 – 17.00 nilai tegangan sejalan kurun waktu naik sedikit demi sedikit sehingga nilai arus menurun yang dipastikan pada pemakaian beban pada tower B tersebut mengalami penurunan baik penurunan suhu ruangan yang diatur secara manual hingga pemberentihan pengoprasian sistem beban pendingin ruangan yang dilakukan pada pukul 16.00 – 17.00 sore hari.

Tabel 4.6 Nilai Tegangan Setiap Fasa Senin 9 April 2018

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	233.50	233.08	233.04
Waktu Tegangan Maksimum	16:59:51	16:59:51	16:59:18
Tegangan Minimum (Volt)	223.08	222.09	222.69
Waktu Tegangan Minimum	13:09:51	13:09:51	13:09:51
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	226.95	226.09	226.60

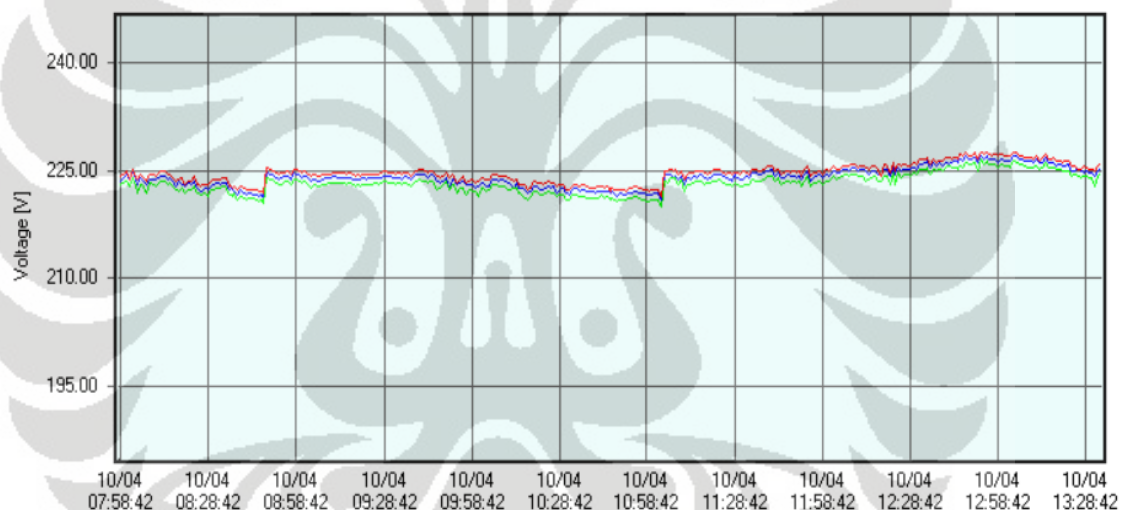
Dari data yang terpapar pada tabel 4.6 nilai tegangan maksimum terjadi di fasa R dengan nilai tegangan sebesar 233.50 Volt, waktu terjadinya nilai tegangan maksimum tersebut pada pukul 16:59 sore hari nilai tegangan maksimum tersebut terjadi saat sivitas telah menyelesaikan rutinitas aktivitas yang berada pada tower B tersebut sehingga nilai penggunaan beban menurun dan nilai tegangan akan mengalami kenaikan hingga titik puncaknya. Sementara itu pada nilai tegangan minimum terjadi di fasa S dengan nilai tegangan minimum sebesar 22.09 Volt yang terjadi pada pukul 13:09 siang hari. Tegangan minimum tersebut berlangsung saat aktivitas setelah jam istirahat kerja berakhir dan dimulainya aktivitas operasional pada sivitas pada tower B tersebut. Kegiatan yang dilaksanakan pada gedung sisi tower B tersebut dikonsentrasikan pada kegiatan edukasi dalam bidang medis yang memerlukan sistem pendingin ruangan yang prima untuk menunjang aktivitas didalamnya sehingga menurunnya nilai tegangan.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal

-10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP IU AC-B tersebut memiliki nilai batas atas tegangan melebihi dari 231 pada fasa ketiga fasanya sehingga jika dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut tidak sesuai dengan standar yang ada karena mengalami *over voltage* di ketiga fasa yaitu pada fasa R, S, dan T.

4.1.7. Tegangan SDP-IU AC A

Berikut ini merupakan data pengukuran pada hari Selasa 10 April 2018 yang didapatkan dari perangkat *Power Quality Analyzer* (PQA) yang kemudian diolah pada program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* dan didapatkan variasi nilai tegangan seperti yang digambarkan pada penggambaran berikut ini :



Gambar 4.8 Grafik Nilai Tegangan SDP-UI AC A

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.8 dapat terlihat gambar grafik yang menunjukkan nilai tegangan pada rentang waktu 08.00 – 17.00 dengan kondisi nilai yang cukup stabil

bila dibandingkan dengan panel pendingin ruangan lainnya. Aktivitas yang berada pada gedung sisi tower A tersebut berupa alat-alat riset medis yang menyimpan berbagai hasil penelitian berupa sampel-sampel yang harus dijaga kondisinya dengan keadaan yang prima. Pemakaian beban pendingin ruangan pun perlu diperhatikan lebih lanjut dalam menunjang pengaturan suhu ruangan yang sangat berdampak pada peralatan riset dan hasil-hasil penyimpanan riset dimasing-masing ruangan tersebut. Dengan rentang waktu 9 jam tersebut yang dimulai pada pukul 08.00 pagi hingga pukul 17.00 sore hari, nilai tegangan dari sistem tegangan berada diposisi stabil dari awal hingga akhir jenjang waktu baik awal mulai jam kerja hingga berakhir jam kerja.

Tabel 4.7 Nilai Tegangan Setiap Fasa Selasa 10 April 2018

Keterangan	Tegangan		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Tegangan Maksimum (Volt)	227.59	226.50	227.03
Waktu Tegangan Maksimum	12:52:42	12:52:42	12:52:42
Tegangan Minimum (Volt)	221.39	219.99	220.90
Waktu Tegangan Minimum	11:03:42	11:03:42	11:03:42
Nilai Rata-Rata Tegangan (Volt)	224.58	223.20	223.99

Dari data yang dipaparkan pada tabel 4.7 nilai tegangan maksimum terjadi di fasa R dengan nilai sebesar 227.59 Volt dimana waktu terjadinya nilai tegangan maksimum tersebut pada pukul 12:52 siang hari. Nilai tegangan maksimum tersebut terjadi saat penurunan kegiatan aktivitas riset yang dilakukan oleh sivitas digedung sisi tower A yang berakibat pada penurunan nilai arus dan berdampak pada kenaikan nilai tegangan yang ada. Lain halnya pada nilai tegangan minimum yang terjadi di fasa S dengan nilai sebesar 219.99 Volt, nilai tegangan minimum terjadi pada pukul 11:03 siang hari yang dimana para sivitas melakukan aktivitas riset yang memerlukan sistem pendinginan ruangan yang prima sehingga dapat menunjang aktivitas yang menggunakan peralatan riset-riset pada tiap laboratorium.

Berdasarkan standar SPLN 1 Tahun 1995, nilai tegangan lebih yang diizinkan yaitu maksimal +5% dari tegangan nominal. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran

Universitas Indonesia nilai tegangan nominal pada pengukuran di panel peralatan listrik tersebut sebesar 220 Volt. Sehingga nilai tegangan maksimal yaitu sebesar 231 Volt. Sementara nilai tegangan kurang yang diizinkan ialah maksimal -10% dari tegangan nominal, yaitu sebesar 198 Volt. Pada SDP IU AC-A tersebut memiliki nilai batas atas tegangan dan batas bawah masing-masing sebesar 227 Volt serta 219 Volt. Apabila dibandingkan dengan standar SPLN 1 Tahun 1995 nilai tegangan pada panel *Sub Distribution Panel* tersebut sesuai dengan standar yang ada.

Tabel 4.8 Variasi Nilai Tegangan

No	Keterangan	SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018)	SDP IU AC-A (Selasa 10 April 2018)
1	Tegangan Maksimum (Volt)	234.17	231.97	231.87	232.03	228.74	233.50	227.59
2	Waktu Tegangan Maksimum	16:53:53	16:58:01	17:03:33	16:59:28	12:02:18	16:59:51	12:52:42
3	Fasa	R	R	T	R	R	R	R
4	Tegangan Minimum (Volt)	225.27	224.83	223.68	225.22	220.84	222.09	219.99
5	Waktu Tegangan Minimum	10:28:53	09:18:01	09:58:33	08:39:28	08:08:18	13:09:51	11:03:42
6	Fasa	R	S	S	S	S	S	S
7	Standar Tegangan SPLN 1 19	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	SESUAI	TIDAK SESUAI	SESUAI

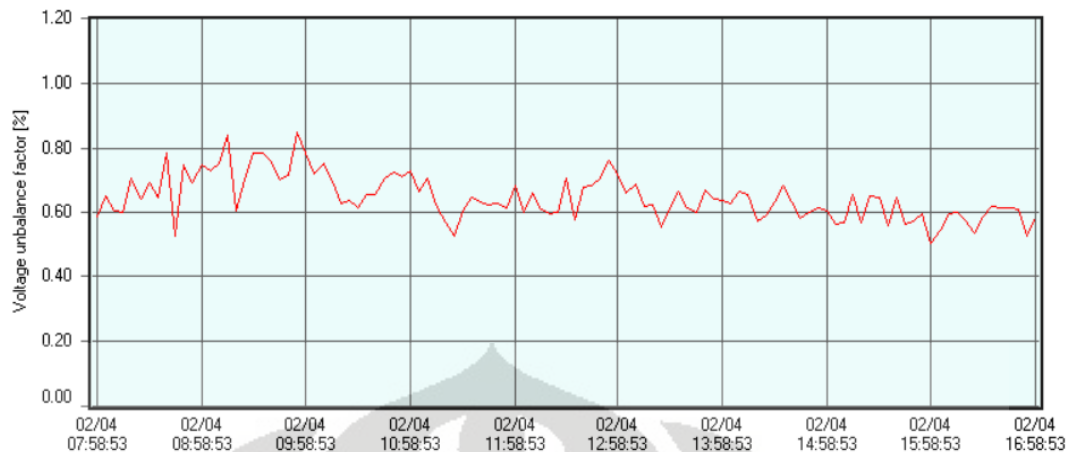
Pada tabel 4.8 Diatas terpapar nilai tegangan maksimum dan minimum beserta letak fasa serta waktu terjadinya tiap tegangan baik maksimum maupun minimum. Tiap panel memiliki tanggung jawabnya masing-masing terkait sistem beban yang terhubung pada panel. Pada sistem pembebanan pencahayaan yaitu di SDP LP-B dan SDP LP-A memiliki tren yang sama baik nilai tegangan maksimum dan minimumnya. Pada nilai tegangan maksimum, sistem pembebanan pencahayaan terjadi pada pukul jam pulang kerja sehingga pemakaian alat benar-benar diberhentikan sehingga meningkatnya nilai arus pada panel tersebut. Pada nilai tegangan minimum yang menandakan tinggi nya pemakaian beban pencahayaan, pada kedua panel tersebut terjadi pada rentang waktu 09:58 dan 10:58, pada rentang waktu tersebut pemakaian beban pencahayaan cenderung meningkat karena aktivitas sisvitas pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia tersebut sudah dimulai.

Pada sistem pembebanan stop kontak pada SDP PP-B dan SDP PP-A memiliki tren yang relatif sama pula. Nilai tegangan maksimum terjadi saat jam pulang kerja pada pukul 17:00 sedangkan pada nilai tegangan minimum terjadi saat jam kerja sudah dimulai yang dimana titik terendah nilai tegangan pada rentang waktu pukul 09:18 pada SDP PP-B dan 09:58 pada SDP PP-A.

Pada sistem pembebanan pendingin ruangan, memiliki 3 (tiga) panel berbeda dengan pembagian area yang berbeda tiap panelnya. Dari 3 (tiga) panel tersebut memiliki rentang waktu nilai tegangan maksimum serta rentang waktu nilai tegangan minimum yang berbeda. Perbedaan tersebut dikarenakan tiap panel memiliki trennya masing-masing sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan oleh masing-masing kegiatan pada gedung tersebut. Pada SDP IU AC yang mewakili area lantai Basement 2 hingga lantai 5 yang dimana mayoritas kegiatan berupa kegiatan administrasi oleh sivitas pada area gedung tersebut, sehingga nilai tegangan minimum berada pada pukul 08:08 pada pagi hari sehingga diperlukannya sistem pendingin untuk mendukung kegiatan sivitas. Nilai tegangan minimum pada SDP IU AC berada pada pukul 12:00 dimana pada rentang waktu tersebut kegiatan sivitas dihentikan karena waktu istirahat sudah dimulai. Pada panel SDP IU AC-B yang bertanggung jawab atas sisi gedung tower b yang dimana dilakukannya kegiatan edukasi dibidang medis yang dimana aktivitas kegiatan edukasi mayoritas puncaknya dilakukan pada siang hari sehingga nilai tegangan minimum berada pada pukul 13:09 siang hari serta nilai tegangan maksimum terjadi pada pukul 16:59 pada waktu pulang kerja. Pada panel SDP IU AC-A yang bertanggung jawab atas sistem pembebanan pendingin ruangan pada sisi gedung tower a yang kegiatan didalamnya berupa kegiatan riset dibidang medis. Pada grafik tegangan menunjukan nilai tegangan yang relative stabil dari awal mulainya jam kerja hingga waktu berakhirnya kegiatan operasional, dikarenakan pada ruangan riset diperlukan suhu ruangan yang prima untuk menunjang tidak hanya kegiatan riset tersebut, melainkan juga hasil-hasil kegiatan riset yang perlu dijaga kondisinya secara menyeluruh.

4.2. Ketidak seimbangan Tegangan

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai ketidakseimbangan tegangan pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel* seperti yang digambarkan pada grafik berikut ini :



Gambar 4.9 Grafik Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP LP-B

Dari seluruh gambar yang merepresentasikan tiap panel, terlihat nilai ketidakseimbangan tegangan yang beragam. Nilai ketidakseimbangan tegangan dapat berfluktuatif besarnya sepanjang waktu. Hal ini terjadi ketika nilai tegangan suplai antara fasa R, S, dan T juga berubah. Nilai ketidakseimbangan tegangan akan naik ketika perbedaan nilai tegangan antara fasa R, S, dan T besar dan akan bernilai kecil ketika perbedaan nilai tegangan antara fasa R, S, dan T juga kecil. Dampak lainnya yang disebabkan oleh ketidakseimbangan tegangan ialah terkait dengan efisiensi kinerja suatu alat yang dapat mempengaruhi performa dari alat tersebut.

Jika disandingkan dengan nilai ketidak seimbangan tegangan yang dibatasi oleh standar NEMA (National Equipment Manufacture's Association) ialah pada nilai sebesar 2%. Dengan melakukan perbandingan yang menggunakan standar tersebut ketidakseimbangan tegangan pada seluruh panel *Sub Distribution Panel* (SDP) memiliki kesesuaian.

Tabel 4.9 Ketidakseimbangan Tegangan

No	Keterangan	Senin 2 April 2018	Selasa 3 April 2018	Rabu 4 April 2018	Kamis 5 April 2018	Jumat 6 April 2018	Senin 9 April 2018	Selasa 10 April 2018
1	Ketidakseimbangan Tegangan Maksimum (%)	0.85	0.71	0.83	0.51	0.38	0.40	0.52
2	Waktu Ketidakseimbangan Tegangan Maksimum	09:53:33	10:03:01	14:13:33	09:29:28	09:34:18	13:54:51	12:13:42
3	Keitdakseimbangan Tegangan Minimum (%)	0.50	0.26	0.42	0.26	0.16	0.09	0.23
4	Waktu Ketidakseimbangan Tegangan Minimum	15:58:53	08:33:01	10:03:33	09:34:28	17:09:18	15:54:51	12:18:42
5	Rata-rata Ketidakseimbangan Tegangan (%)	0.65	0.49	0.64	0.40	0.24	0.22	0.36
6	Standar Ketidak SeimbanganTegangan NEMA	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI

Dengan diolahnya dan dianalisisnya data yang sudah didapatkan dalam penelitian, nilai ketidakseimbangan tegangan terbesar terjadi pada hari Senin 2 April 2018 dengan nilai sebesar 0.85%. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan

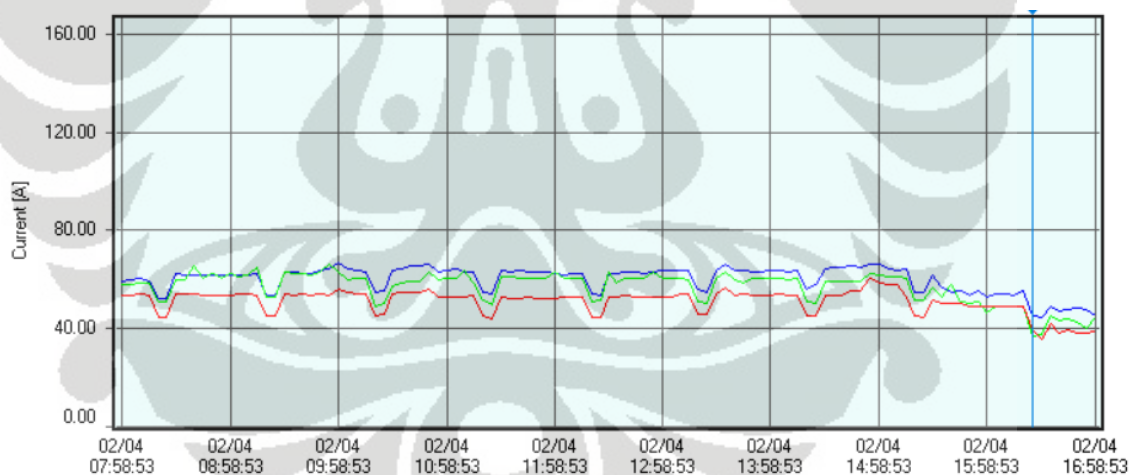
standar NEMA dimana nilai ketidakseimbangan tegangan maksimum yang dikategorikan aman dan sesuai yaitu sebesar 2%.

Selanjutnya, nilai ketidakseimbangan tegangan maksimum rata-rata sebesar 0.65% pada SDP LP-A (Senin 2 April 2018) dan nilai minimum rata-rata sebesar 0.22% pada SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018). Hal tersebut terjadi karena nilai tegangan setiap fasanya tidak memiliki perbedaan yang jauh. Hal tersebut menandakan bahwa suplai untuk Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dapat dikatakan baik. Jika faktor ketidakseimbangan tegangan tinggi, maka hal ini akan menjadi permasalahan untuk peralatan listrik atau beban yang menggunakan suplai 3 (tiga) fasa dikarenakan suplainya yang tidakseimbangan sehingga dapat mengganggu kinerja dari peralatan tersebut.

4.2 Arus

4.2.1. Arus pada SDP LP-B

Berikut merupakan hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Senin 2 April 2018.



Gambar 4.10 Grafik Arus Senin 2 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.10 digambarkannya nilai arus tiap fasa R, S, dan T dari pukul 08.00 – 17.00, dapat dikatakan memiliki nilai yang cukup stabil dikarenakan seluruh aktivitas sivitas pada gedung tersebut menggunakan sistem pencahayaan yang terus menerus diaktifkan untuk menunjang aktivitas di masing-masing ruangan. Walaupun begitu memasuki pukul 15.00 – 17.00 nilai arus mengalami penurunan dikarenakan pada saat sudah memasuki jam-jam pulang kerja sehingga penggunaan sistem pencahayaan terus menerus menurun hingga akhir jam kerja. Pada grafik terlihat perbedaan besar penggunaan arus tiap fasa yang diakibatkan oleh pembagian beban yang tidak merata dan juga penggunaan beban pencahayaan yang tidak sepenuhnya menyala disaat yang bersamaan

Tabel 4.10 Nilai Arus Setiap Fasa Senin 2 April 2018

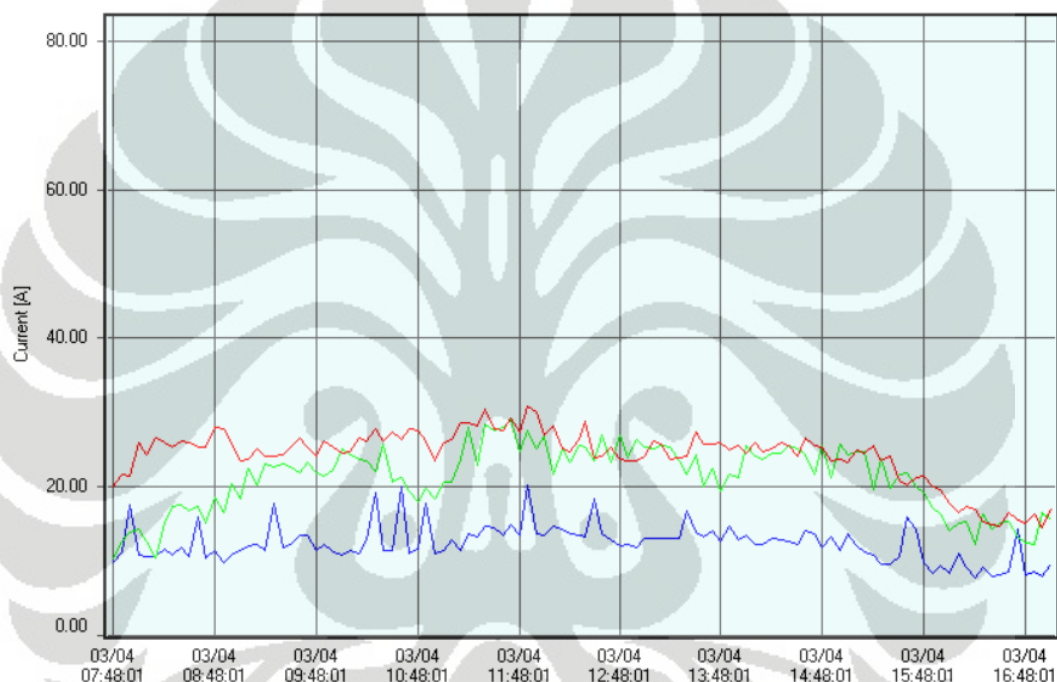
Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	60.15	65.65	66.88
Waktu Arus Maksimum	14:53:53	09:53:53	09:58:53
Arus Minimum Minimum (Ampere)	35.32	36.62	44.04
Waktu Arus Minimum	16:28:53	16:23:53	16:28:53
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	50.86	56.70	59.71

Dari tabel 4.10 dipaparkannya nilai arus maksimum terjadi pada fasa T dengan nilai sebesar 66.88 Ampere, dimana waktu terjadinya nilai arus maksimum tersebut pada pukul 09:58. Kenaikan arus terjadi pada saat seluruh aktivitas pada pagi hari yang dimana dimulainya aktivitas pada gedung tersebut. Terlebih gedung sisi tower b tersebut ialah pusat edukasi yang dimana didalamnya banyak dilakukan kegiatan edukasi oleh para sivitas sehingga memerlukan sistem pencahayaan ruangan yang baik dan secara terus menerus agar kegiatan edukasi dapat berjalan dengan maksimal. Berdasarkan asumsi teknisi pada gedung tersebut penggunaan sistem pencahayaan $\pm 80\%$ dimana pada hari tersebut tidak seluruh ruangan digunakan sepenuhnya, beberapa contoh ruangan yang tidak digunakan pada hari tersebut ialah berupa Aula FKUI, Executive Lounge, dan beberapa ruangan diskusi lainnya yang tidak sepenuhnya terisi. Dengan beberapa ruangan yang tidak digunakan tersebut maka adanya perbedaan besarnya pembebanan tiap fasa dan hasil asumsi penggunaan beban yang senilai 80% tersebut. Lain halnya dengan nilai arus minimum, nilai tersebut terjadi pada fasa R dengan nilai sebesar 35.32 yang

dimana waktu terjadinya nilai arus minimum tersebut pada pukul 16:28. Penurunan nilai arus tersebut disebabkan oleh sudah berhentinya aktivitas operasional pada gedung tersebut sehingga sistem pencahayaan tidak diperlukan lagi sepenuhnya.

4.2.2. Arus Pada SDP PP-B

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Selasa 3 April 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik Nilai Arus 3 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.11 digambarkannya nilai arus tiap fasa R, S, dan T dari pukul 08.00 – 17.00, dapat dikatakan memiliki nilai yang fluktuatif. Pada jam masuk kerja pukul 08.00 -12.00 memiliki nilai yang relatif stabil walaupun mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Memasukin pukul 15.00 – 17.00

dimana kegiatan operasional mulai menurun dikarenakan sudah memasuki jam pulang kerja para sivitas sudah mulai menyelesaikan aktivitas kerjanya sehingga penggunaan beban listrik sedikit demi sedikit mulai turun hingga pada titik terendahnya dijam 17.00. Penurunan penggunaan beban listrik berbanding lurus dengan turunnya nilai arus pada grafik. Perbedaan besarnya pendistribusian beban juga berpengaruh pada perbedaan besarnya beban tiap-tiap fasa yang digambarkan oleh grafik tersebut.

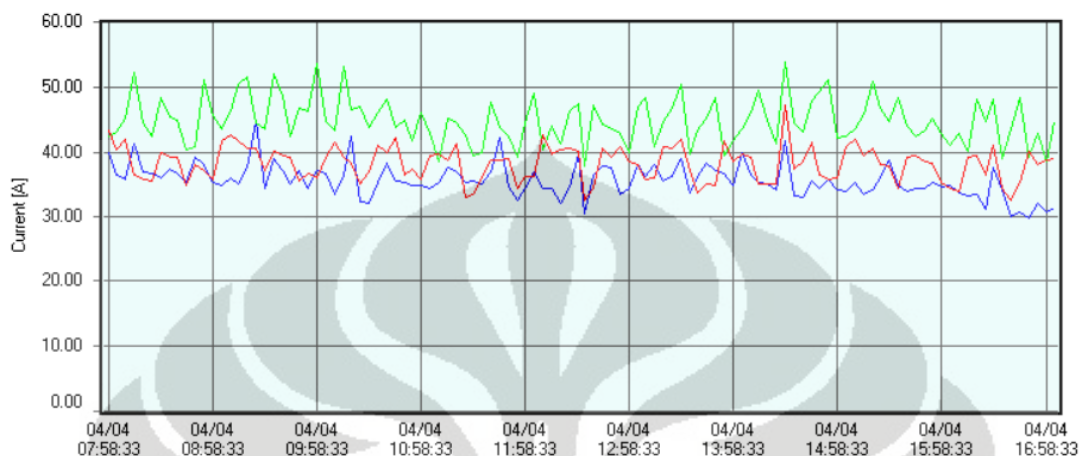
Tabel 4.11 Nilai Arus Tiap Fasa Selasa 3 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	30.85	28.93	20.32
Waktu Arus Maksimum	11:53:01	11:43:01	11:53:53
Arus Minimum Minimum (Ampere)	14.55	10.37	7.83
Waktu Arus Minimum	16:58:01	07:48:01	16:18:01
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	24.27	21.17	12.43

Dari tabel 4.11 tersebut didapatkan nilai arus maksimum yang terjadi di fasa R dengan nilai sebesar 30.85 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum tersebut ialah pada pukul 11:53. Kenaikan arus terjadi dikarenakan beban-beban listrik mencapai nilai puncaknya hingga di waktu siang hari berupa beban-beban yang menunjang kegiatan edukasi pada rentang waktu tersebut. Lain halnya dengan nilai arus minimum yang terjadi di fasa R dengan nilai sebesar 7.83 Ampere, waktu terjadinya nilai arus minimum tersebut terjadi saat memasuki waktu jam pulang kerja sehingga semua kegiatan operasional terhenti sehingga sivitas sudah tidak melakukan kegiatan apapun lagi didalam gedung tersebut.

4.2.3. Arus Pada SDP PP-A

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Rabu 4 April 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.12 Grafik Nilai Arus 3 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.12 digambarkannya data nilai arus R, S, dan T yang berlangsung dari pukul 08.00 – 17.00 mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak terlalu signifikan tetapi pada waktu mulai jam kerja dan waktu jam pulang kerja memiliki nilai yang relatif sama, hal tersebut dikarenakan aktivitas sivitas pada gedung sisi tower a tersebut memiliki serangkaian aktivitas yang relatif sama frekuensinya dari awal hingga akhir hari. Walaupun demikian, terjadi penurunan nilai arus pada pukul 11.00 – 13.00 yang disebabkan oleh dengan masuknya jam istirahat berdampak pada penurunan jumlah aktivitas pada gedung tersebut. Perbedaan besarnya pendistribusian beban juga berpengaruh pada perbedaan besarnya beban tiap-tiap fasa yang digambarkan oleh grafik tersebut.

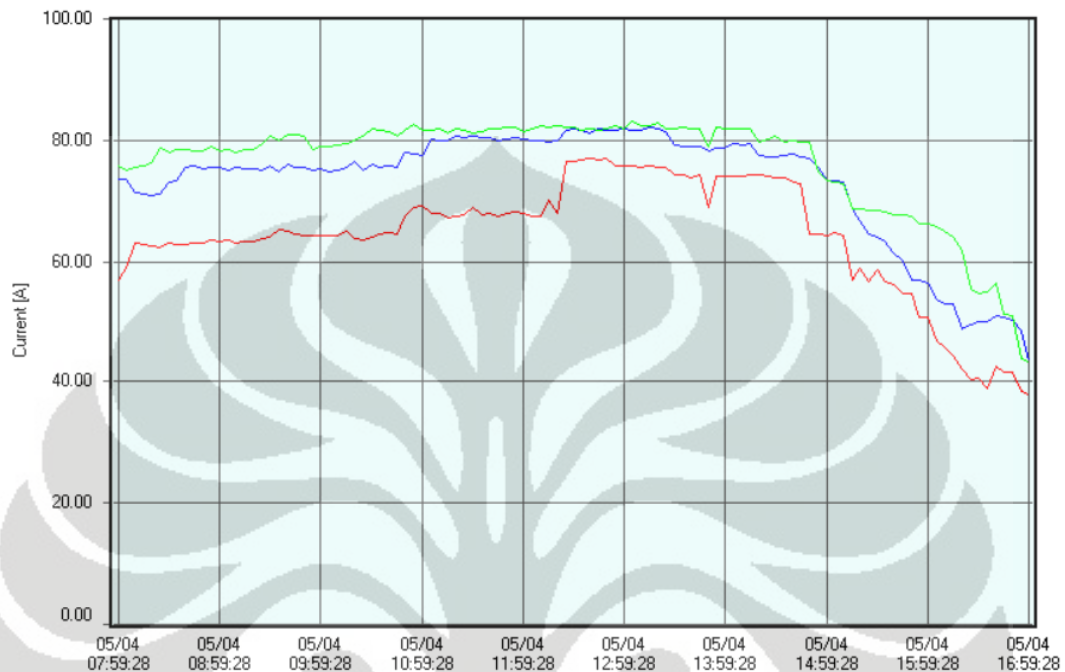
Tabel 4.12 Nilai Arus Tiap Fasa Rabu 4 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	47.34	53.85	44.65
Waktu Arus Maksimum	14:28:33	14:28:33	09:23:33
Arus Minimum Minimum (Ampere)	32.54	37.82	29.58
Waktu Arus Minimum	12:33:33	12:33:33	16:48:33
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	38.26	44.89	35.68

Dari tabel 4.12 dipaparkan nilai arus maksimum terjadi di fasa S dengan nilai sebesar 53.85 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum pada pukul 14:28. Kenaikan arus terjadi pada beban-beban listrik yang mulai digunakan oleh sivitas pada gedung tersebut hingga puncaknya pada siang hari dimana beban-beban yang digunakan meliputi peralatan riset diantaranya freezer -80 derajat celcius, homogenizer, autoclave, sinar ultrasonik, sentrifus, PCR, dan alat-alat riset lainnya. Lain halnya dengan nilai arus minimum yang terjadi di fasa T dengan nilai sebesar 29.58 Ampere, waktu terjadinya nilai arus minimum tersebut terjadi saat memasuki waktu jam pulang kerja sehingga semua kegiatan operasional terhenti sehingga sivitas sudah tidak melakukan kegiatan apapun lagi didalam gedung tersebut. Walaupun begitu, beberapa alat riset memiliki sifat stand by sehingga alat tersebut tidak akan pernah di non aktifkan karena memiliki tanggun jawab dalam penyimpanan hasil-hasil riset terkait dibidang medis, contohnya freezer -80 derajat celcius.

4.2.4. Arus Pada SDP LP-A

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Selasa 3 April 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.13 Grafik Nilai Arus Kamis 5 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.13 digambarkannya data nilai arus R, S, dan T yang berlangsung dari pukul 08.00 – 17.00. Pada awal mulai waktu jam kerja pukul 08.00 – 15.00 nilai arus menunjukkan nilai yang relatif stabil walaupun mengalami beberapa kenaikan. Hal tersebut dikarenakan pada waktu 08.00 – 16.00 aktivitas sivitas berupa riset dilakukan secara rutin sehingga memerlukan sistem pencahayaan yang baik. Walaupun demikian, terjadi penurunan dimulai pada pukul 15.00 - 17.00 yang disebabkan menurunnya aktivitas sivitas pada gedung sisi tower a tersebut dan smulai memasuki waktu pulang kerja. Hal tersebut berdampak pada turunnya nilai arus yang signifikan.

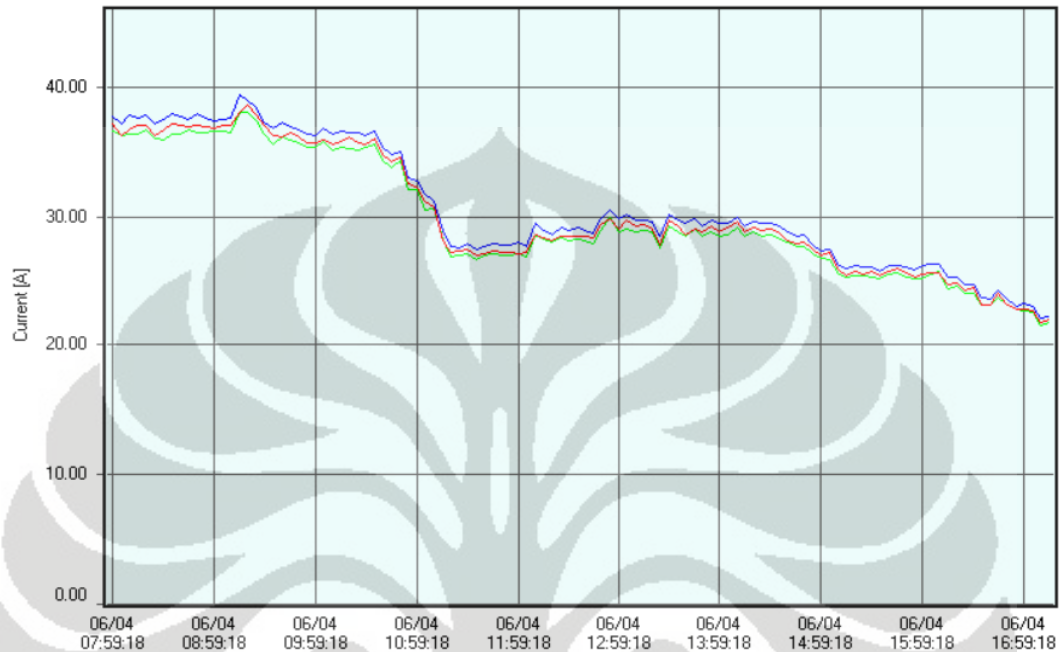
Tabel 4.13 Nilai Arus Tiap Fasa Kamis 5 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	76.88	83.15	82.00
Waktu Arus Maksimum	12:49:28	13:04:28	13:14:28
Arus Minimum Minimum (Ampere)	37.98	43.44	43.48
Waktu Arus Minimum	16:59:28	16:59:28	16:59:28
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	64.17	76.34	73.07

Dari tabel 4.13 dipaparkan nilai arus maksimum terjadi di fasa S dengan nilai sebesar 83.15 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum pada pukul 13:04. Kenaikan arus terjadi pada aktivitas sivitas diberbagai laboratorium digedung sisi tower a tersebut memerlukan sistem pencahayaan yang prima. Lain halnya dengan nilai arus minimum yang terjadi di fasa T dengan nilai sebesar 43.48 Ampere, waktu terjadinya nilai arus minimum tersebut terjadi saat memasuki waktu jam pulang kerja yaitu pada pukul 16.59 sehingga semua kegiatan operasional terhenti sehingga sivitas sudah tidak melakukan kegiatan apapun lagi didalam gedung tersebut. Walaupun begitu, sistem pencahayaan tidak hanya diperuntukan untuk kegiatan sivitas saat riset, melainkan beberapa ruangan riset diluar jam kerja juga perlu dipertahankan sistem pencahayaannya.

4.2.5. Arus Pada SDP AC IU

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Jumat 6 April 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.14 Grafik Nilai Arus Jumat 6 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.14 dapat kita lihat pada pukul 08.00 – 17.00 nilai arus pada R, S, dan T mengalami penurunan secara terus menerus tiap rentang waktu tertentu. Dimana awalnya pada pukul 08.00 – 11.00 merupakan rentang nilai arus tertinggi dan memiliki nilai yang stabil, aktivitas operasional pada gedung tersebut sudah dimulai dan juga dimulainya penggunaan sistem pendingin ruangan. Pada kurun waktu 11.00 – 15.00, aktivitas memiliki keragaman dari dimulainya waktu istirahat hingga dimulainya lagi aktivitas sivitas pada gedung tersebut pada siang hari.

Tetapi pada rentang waktu tersebut nilai arus lebih kecil dari pada rentang waktu sebelumnya, hal tersebut terjadi dikarenakan suhu ruangan yang diatur oleh sistem pendingin ruangan yang menganut sistem AC sentral pada awalnya dimaksimalkan performanya hingga suhu optimal baik dinginnya ruangan dan sirkulasi udara. Selanjutnya kinerja sistem pendingin akan menaikkan suhu ruanganannya yang bertujuan untuk melakukan efisiensi kinerja dan penghematan biaya operasional. Hingga pada rentang waktu berikutnya 15.00 – 17.00 sistem pendingin seiring aktivitas menurun nilai arus juga ikut menurun.

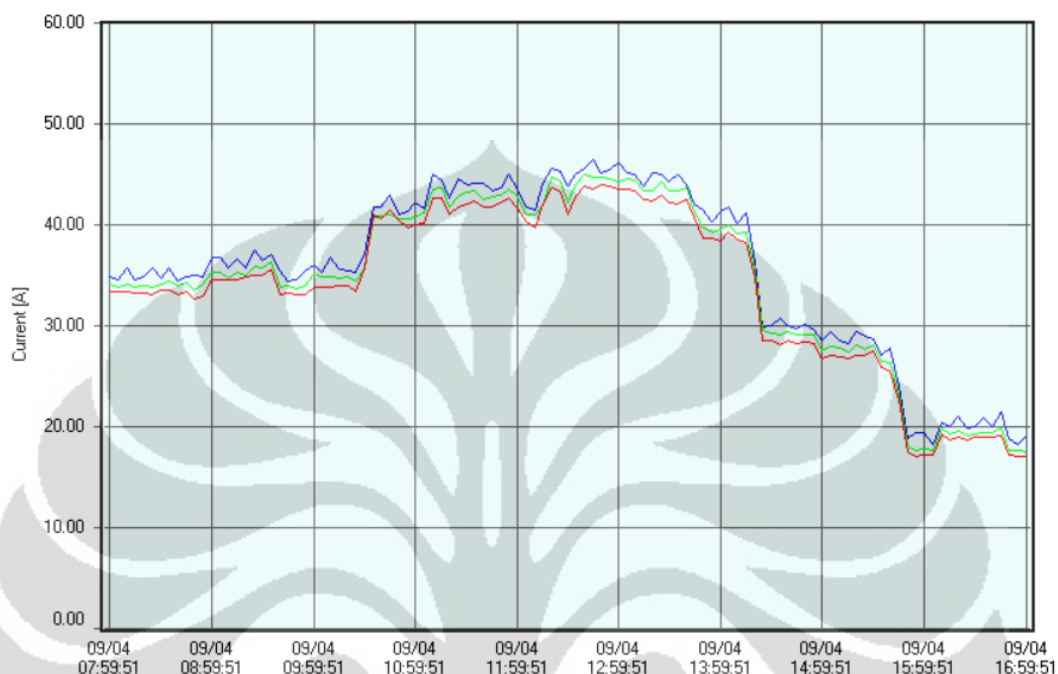
Tabel 4.14 Nilai Arus Tiap Fasa Jumat 6 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	38.60	38.01	39.38
Waktu Arus Maksimum	09:19:18	09:14:18	09:14:18
Arus Minimum Minimum (Ampere)	21.72	21.57	22.13
Waktu Arus Minimum	17:09:18	17:09:18	17:09:18
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	30.13	29.81	30.69

Dari tabel 4.14 dipaparkan nilai arus maksimum terjadi di fasa T dengan nilai sebesar 39.38 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum ialah pukul 09:14. Dimana saat tersebut sistem pendingin sudah diaktifkan untuk menaikkan suhu ruangan hingga mencapai suhu yang optimal untuk menunjang jalannya aktivitas pada gedung tersebut. Lain halnya dengan nilai arus minimum yang terjadi pada fasa S dengan nilai sebesar 21.57, waktu terjadinya pada pukul 17:09 saat seluruh kegiatan sivitas sudah selesai pada hari tersebut.

4.2.6. Arus Pada SDP IU AC-B

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Jumat 6 April 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.15 Grafik Nilai Arus Senin 9 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.15 terdapat nilai arus tiap fasa R, S, dan T yang memiliki nilai arus yang mengalami fluktuasi pada rentang waktu pukul 08.00 – 17.00. pada pukul 08.00- 14.00 pada dasarnya nilai arus mengalami kenaikan walaupun ada nya sedikit penurunan direnatng waktu tertentu. Naiknya nilai arus dikarenakan dimulainya aktivitas sivitas yang memerlukan sistem pendingin ruangan untuk menunjang aktivitas operasional. Lalu terjadinya penurunan pada rentang waktu 14.30 – 17.00 karena aktivitas operasional mulai menurun sehingga nilai arus mengalami penurunan yang signifikan hingga melewati jam pulang kerja.

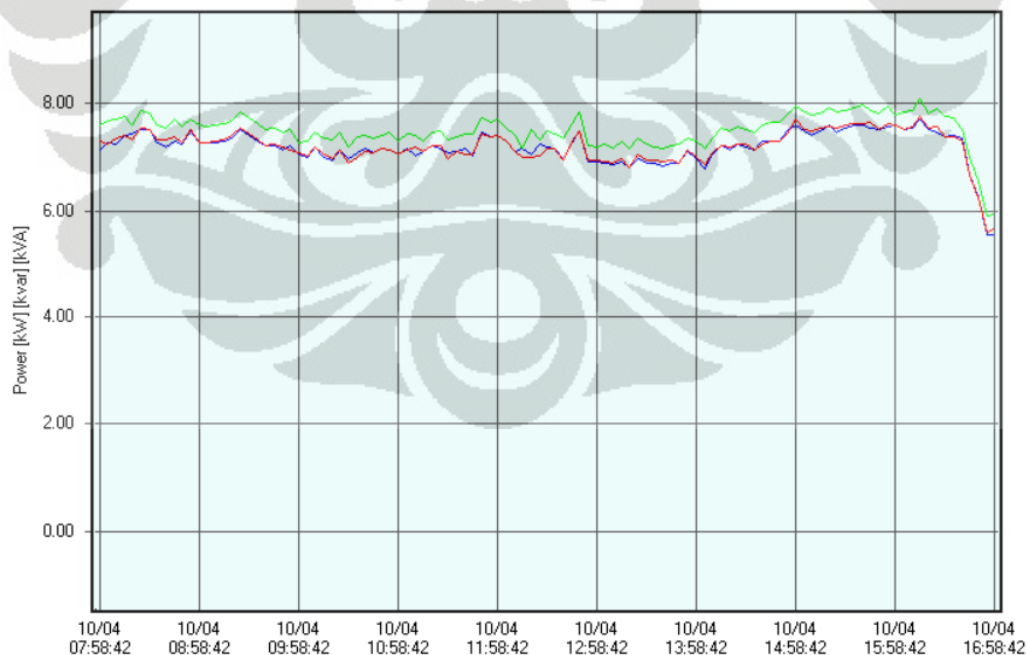
Tabel 4.15 Nilai Arus Tiap Fasa Senin 9 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	44.06	44.99	46.45
Waktu Arus Maksimum	12:49:51	12:39:51	12:44:51
Arus Minimum Minimum (Ampere)	17.03	17.51	18.15
Waktu Arus Minimum	15:54:51	16:59:51	16:04:51
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	33.86	34.62	35.65

Pada tabel 4.15 dipaparkan nilai arus maksimum terjadi di fasa T dengan nilai 46.45 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum ialah pukul 12:44. Kenaikan arus terjadi karena pemakaian beban sistem pendingin yang makin besar sehingga kenaikan nilai arus yang berbanding lurus dengan bertambahnya kebutuhan beban. Sedangkan pada nilai arus minimum yang terjadi di fasa R dengan nilai sebesar 17.03 hal tersebut disebabkan oleh aktivitas sivitas yang sudah selesai karena sudah lewat dari jam kerja gedung tersebut sehingga nilai arus turun secara signifikan.

4.2.7. Arus Pada SDP IU AC-A

Berikut hasil pengolahan data nilai arus setiap fasa pada hari Jumat 6 April 2018 sebagai berikut :

**Gambar 4.16** Grafik Nilai Arus Selasa 10 April 2018

Keterangan :

Garis Merah ialah nilai tegangan fasa R

Garis Hijau ialah nilai tegangan fasa S

Garis Biru ialah nilai tegangan fasa T

Dari gambar 4.16 terdapat nilai arus tiap fasa R, S, dan T yang memiliki nilai arus yang mengalami nilai yang stabil walaupun sedikit memiliki kenaikan atau penurunan yang tidak terlalu signifikan pada rentang waktu pukul 08.00 – 17.00. Khususnya pada pukul 12.00- 14.00 pada dasarnya nilai arus mengalami penurunan dikarenakan penurunan aktivitas sivitas yang melakukan kegiatan istirahat. Lalu naiknya nilai arus pada pukul 14.00 – 16.45 aktivitas kegiatan operasional dimulai kembali yang memerlukan sistem pendingin ruangan untuk menunjang aktivitas operasional. Lalu terjadinya penurunan pada rentang waktu kurun waktu setelahnya karena karena aktivitas operasional sudah selesai pada hari tersebut karena sudah lewat dari jam pulang kerja sehingga nilai arus mengalami penurunan yang signifikan.

Tabel 4.16 Nilai Arus Tiap fasa Selasa 10 April 2018

Keterangan	Arus		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Arus Maksimum (Ampere)	60.59	62.02	61.45
Waktu Arus Maksimum	15:58:42	16:13:42	16:13:42
Arus Minimum Minimum (Ampere)	45.93	47.13	46.49
Waktu Arus Minimum	15:54:51	16:59:51	16:04:51
Nilai Rata-Rata Arus (Ampere)	57.36	58.51	58.19

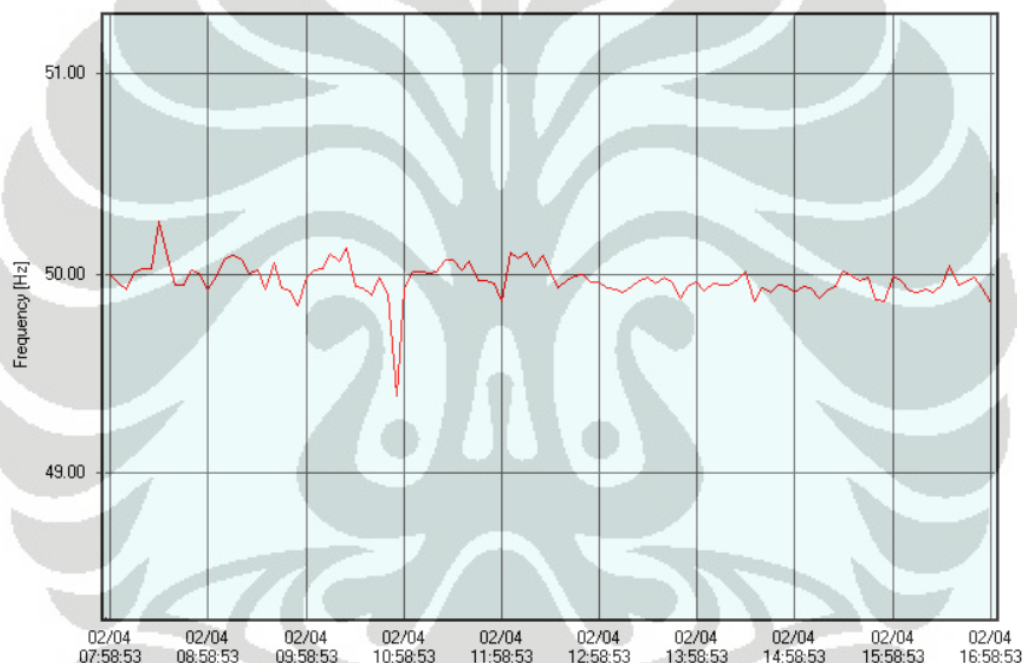
Pada tabel 4.16 dipaparkan nilai arus maksimum terjadi di fasa S dengan nilai 62.02 Ampere, waktu terjadinya arus maksimum ialah pukul 16.13. Kenaikan arus terjadi karena pemakaian beban sistem pendingin yang makin besar sehingga kenaikan nilai arus yang berbanding lurus dengan bertambahnya kebutuhan beban. Sedangkan pada nilai arus minimum yang yang terjadi di fasa R dengan nilai sebesar 45.93, waktu terjadinya arus minimum tersebut ialah pada pukul 15:54. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas sivitas yang sudah mulai memasuki pulang jam

kerja dengan kata lain kegiatan rutinitas berakhir sehingga nilai arus turun secara signifikan.

4.3 Frekuensi

4.3.1. Frekuensi SDP LP-B

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 2 April 2018.



Gambar 4.17 Grafik Nilai Frekuensi SDP LP-B

Dari gambar 4.21 terpapar nilai frekuensi yang mengalami fluktuasi selama rentang waktu 9 jam dalam pengukuran tersebut. Naik turunnya frekuensi tersebut disebabkan oleh pemakaian beban yang bervariasi sepanjang waktunya. Pada awal pengukuran nilai frekuensi yaitu pada pukul 08:00 berada pada nilai ± 50 Hz (49.998 Hz) dikarenakan aktivitas sivitas pada gedung tersebut baru akan dimulai sehingga pemakaian sistem pembebanan khususnya pada sistem pencahayaan masih belum digunakan, hingga akhirnya pada pukul 8:30 nilai frekuensi mencapai nilai maksimalnya pada nilai 50.2 Hz hanya berselang beberapa

saat nilai frekuensi turun kepada rentang nilai 49.8 Hz sampai dengan 50.1 Hz hal tersebut dikarenakan dengan banyaknya variasi pemakaian beban maka nilai frekuensi akan bervariasi tiap rentang waktunya. Pada akhirnya secara tiba-tiba pada pukul 10:53 yang memiliki nilai frekuensi sebesar 49.3 dapat dikatakan terjadinya pemakaian beban yang signifikan pada pukul tersebut. Pemakaian sistem pencahayaan beban pada kegiatan Akreditasi Program S3 Kedokteran yang berlangsung sekitar pukul 08:00 – 16:00 yang menggunakan ruangan Executive Room serta Ujian Progres Report Program Doktor Ilmu Biomedik yang menggunakan ruangan diskusi yang saat berlangsungnya pada pukul 09:00 – 12:00 merupakan kegiatan yang berpengaruh pada titik terendah nilai frekuensi sebesar 49.3 tersebut. Kedua kegiatan tersebut menggunakan jumlah ruangan yang banyak sehingga berakibat di penggunaan sistem pencahayaan yang prima. Pada rentang waktu lainnya frekuensi cukup bervariasi pada nilai 49.8 Hz sampai dengan 50.1 Hz karena kegiatan sivitas masih berlangsung hingga pukul 16:00 yang memiliki variasi kegiatan baik di bidang edukasi, kegiatan administrasi, kegiatan pemeliharaan, serta kegiatan cluster lainnya.

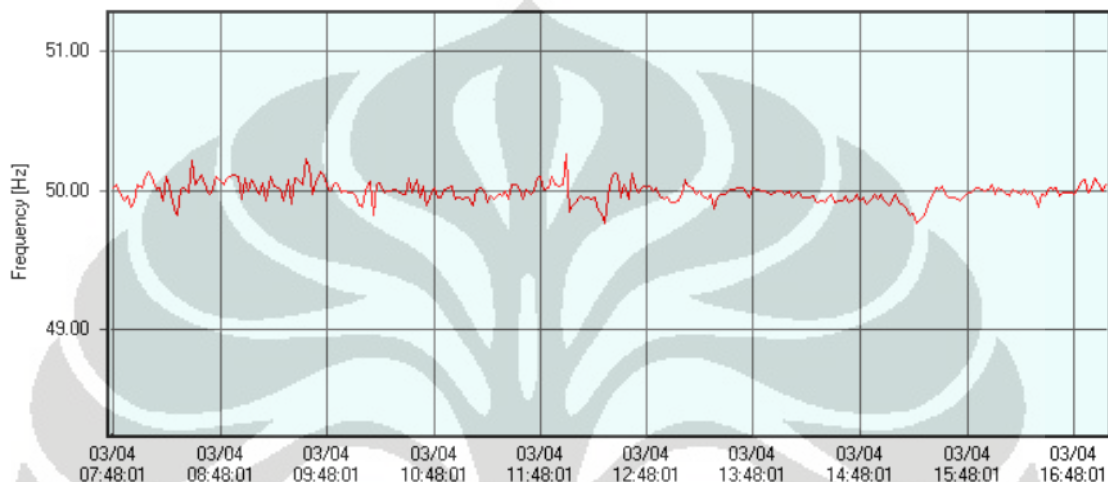
Tabel 4.17 Nilai Frekuensi SDP LP-B

Keterangan	SDP LP-B
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.25
Waktu Frekuensi Maksimum	08:28:53
Frekuensi Minimum (Hz)	49.38
Waktu Frekuensi Minimum	10:53:53
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.97

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP LP-B ialah sebesar 50.25 Hz dan terjadi pada pukul 08:28, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.38 Hz terjadi pada pukul 10:53 yang dimana melewati batas bawah frekuensi sebesar -1% sehingga tidak sesuai dengan standar untuk nilai batas bawah.

4.3.2. Frekuensi SDP PP-B

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP PP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Selasa 3 April 2018.



Gambar 4.18 Grafik Nilai Frekuensi SDP PP-B

Dari grafik diatas dipaparkan bahwa perubahan nilai frekuensi yang terjadi sangat sedikit dan cenderung masih berada pada angka 50 Hz. Tetapi jika dilihat dengan skala lebih kecil, maka perubahan terjadi sangat sering walaupun perubahannya sangat kecil. Variasi nilai frekuensi ini terjadi karena pemakaian beban yang berubah-ubah sepanjang waktunya. Nilai frekuensi akan turun saat beban membutuhkan daya lebih besar dari yang disuplai. Begitu juga sebaliknya dimana frekuensi akan naik bila pemakaian beban terus berkurang seiring berjalannya waktu. Nilai frekuensi pada tren pertama mengalami nilai yang berfluktuatif dari pukul 08:00 – 12:00 dikarenakan khususnya kegiatan edukasi serta kegiatan administrasi di gedung tersebut sudah dimulai sehingga terjadinya naik turunnya frekuensi pada rentang waktu tersebut karena banyak beban yang sedang berjalan. Kemudian nilai frekuensi pada tren selanjutnya kembali stabil pada pukul 13:00 – 17.00 walaupun demikian nilai frekuensi stabil direntang nilai 49 Hz (<50 Hz). Hal tersebut dikarenakan pemakaian ruangan pada kegiatan edukasi pada pukul siang hari berada pada pemakaian maksimal sehingga hampir

di seluruh ruangan kegiatan berlangsung. Dapat dikatakan frekuensi turun seiring naiknya pemakaian beban pada masing-masing ruangan

Turunnya nilai frekuensi pada suatu sistem kelistrikan pada gedung tersebut dikarenakan pemakaian peralatan listrik yang terhubung pada stop kontak. Peralatan tersebut terkait TV, komputer, printer, sistem audio, dan peralatan lainnya yang menunjang kegiatan edukasi dimasing-masing ruangan. Dengan turunnya nilai frekuensi tersebut dapat mengganggu kinerja suatu alat, sebaliknya pada frekuensi yang lebih besar dapat menimbulkan panas sehingga umur dari suatu alat dapat berkurang lebih cepat.

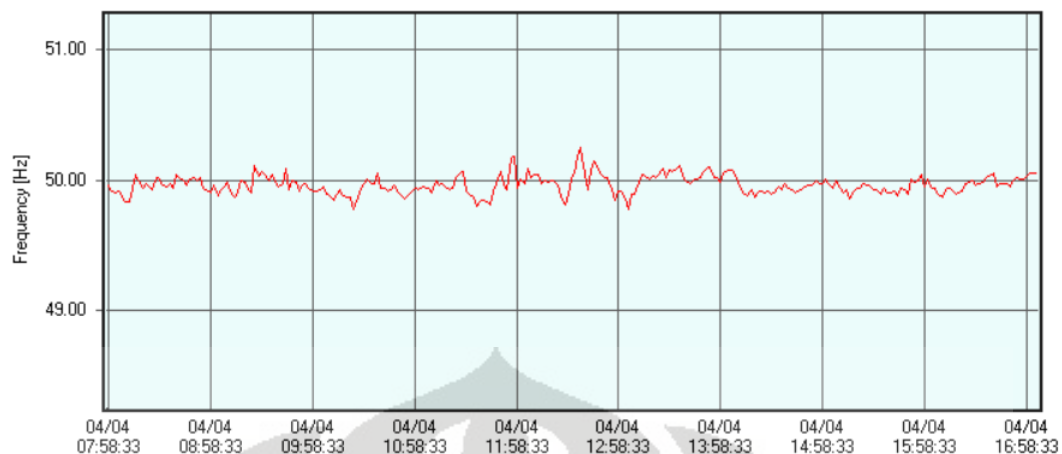
Tabel 4.18 Nilai Frekuensi SDP PP-B

Keterangan	SDP PP-B
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.18
Waktu Frekuensi Maksimum	09:38:01
Frekuensi Minimum (Hz)	49.76
Waktu Frekuensi Minimum	15:23:01
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.98

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-B ialah sebesar 50.18 Hz dan terjadi pada pukul 09:38, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.76 Hz terjadi pada pukul 15:23. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

4.3.3. Frekuensi SDP PP-A

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP PP-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Rabu 4 April 2018.



Gambar 4.19 Grafik Nilai Frekuensi SDP PP-A

Dari grafik dipaparkan bahwa nilai frekuensi yang terjadi selama 9 (Sembilan) jam waktu pengukuran dari pukul 08:00 – 17:00 menggamarkan nilai frekuensi yang stabil pada ± 49 Hz walaupun mengalami fluktuasi di beberapa rentang waktu. Pada pukul 08:00 – 12:00 kegiatan pada gedung sisi tower A tersebut sudah dimulai sehingga beban-beban pada gedung tersebut sudah dipakai khususnya pada pemakaian peralatan listrik penunjang kegiatan riset di bidang medis. Turunnya nilai frekuensi diakibatkan oleh pemakaian beban listrik yang semakin meningkat maka daya yang disuplai juga akan meningkat. Sebaliknya terlihat pada pukul 12:30 – 14:00 nilai frekuensi cenderung naik walaupun sedikit mengalami penurunan pada pukul 13:00, dikarenakan pada rentang waktu tersebut kegiatan operasional terhenti karena sudah masuk pada waktu istirahat. Dan pada pukul 14:00 – 17:00 nilai frekuensi mulai turun kembali ke nilai 49 Hz karena sudah dilangsungkannya lagi kegiatan operasional terutama pada kegiatan riset di bidang medis. Seiring memasuki waktu pulang kerja, nilai frekuensi pada akhirnya pun naik kembali karena kegiatan pada hari Rabu 4 April 2018 telah berakhir dan banyak beban listrik yang dimatikan.

Turunnya nilai frekuensi suatu sistem kelistrikan pada gedung disebabkan oleh beban-beban yang ada pada gedung sisi tower A itu sendiri. Jika nilai frekuensi suplai untuk peralatan tersebut lebih kecil dibanding nominal yang dibutuhkan, maka kinerja peralatan medis yang merupakan beban pada gedung sisi tower A tersebut akan berkurang. Jika frekuensi suplai lebih besar dibanding nominal yang

dibutuhkannya, maka peralatan-peralatan medis yang sensitif tersebut akan memiliki umur pemakaian alat yang lebih singkat.

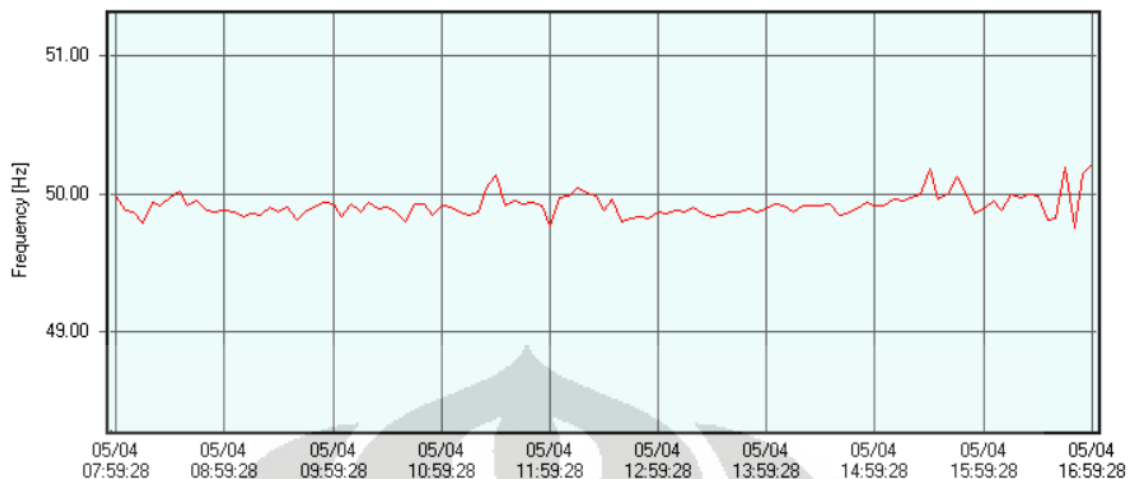
Tabel 4.19 Nilai Frekuensi SDP PP-A

Keterangan	SDP PP-A
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.17
Waktu Frekuensi Maksimum	09:23:33
Frekuensi Minimum (Hz)	49.75
Waktu Frekuensi Minimum	10:23:33
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.96

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-A ialah sebesar 50.17 Hz dan terjadi pada pukul 09:23, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.75 Hz terjadi pada pukul 10:23. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

4.3.4. Frekuensi SDP LP-A

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP LP-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Kamis 5 April 2018.



Gambar 4.20 Grafik Nilai Frekuensi SDP LP-A

Dari grafik dipaparkan bahwa nilai frekuensi yang terjadi selama 9 (Sembilan) jam waktu pengukuran dari pukul 08:00 – 17:00 menggamarkan nilai frekuensi yang stabil pada ± 49 Hz walaupun mengalami fluktuasi. Pada pukul 08:00 – 12:00 kegiatan pada gedung sisi tower A tersebut sudah dimulai sehingga beban sistem pencahayaan pada gedung tersebut sudah dipakai untuk menunjang kegiatan riset di bidang medis. Dari awal grafik menunjukkan penurunan nilai frekuensi diakibatkan oleh pemakaian sistem pencahayaan yang semakin digunakan. Sebaliknya terlihat pada pukul 11:30 – 12:30 nilai frekuensi cenderung naik dikarenakan pada rentang waktu tersebut kegiatan operasional terhenti karena memasuki pada waktu istirahat. Dan pada pukul 12:30 – 15:00 nilai frekuensi mulai turun kembali ke nilai 49 Hz karena sudah dilangsungkannya lagi kegiatan operasional. Seiring memasuki waktu pulang kerja, nilai frekuensi pada akhirnya pun naik kembali karena kegiatan operasional pada hari Kamis 5 April 2018 telah berakhir dan sistem pencahayaan dimatikan.

Turunnya nilai frekuensi suatu sistem kelistrikan pada gedung disebabkan oleh beban-beban yang ada pada gedung sisi tower A itu sendiri. Beban terkait ialah sistem pencahayaan yang itemnya berupa lampu. Jika nilai frekuensi suplai untuk peralatan tersebut lebih kecil dibanding nominal yang dibutuhkan, maka kinerja sistem pencahayaan tersebut akan berkurang. Jika frekuensi suplai lebih besar dibanding nominal yang dibutuhkan, maka akan mengancam pada umur dari item sistem pencahayaan berupa lampu yang menjadi lebih pendek.

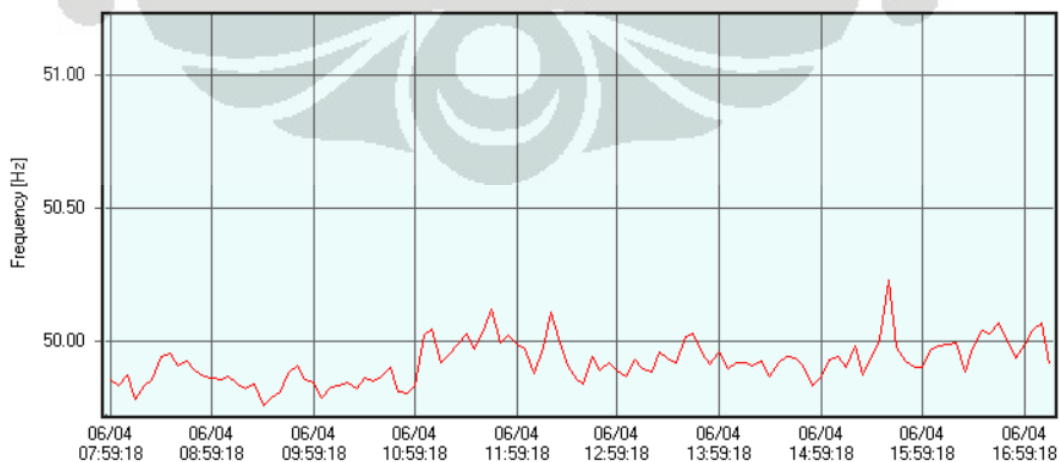
Tabel 4.20 Nilai Frekuensi SDP LP-A

Keterangan	SDP LP-A
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.21
Waktu Frekuensi Maksimum	16:59:28
Frekuensi Minimum (Hz)	49.74
Waktu Frekuensi Minimum	16:49:28
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.91

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-A ialah sebesar 50.21 Hz dan terjadi pada pukul 16:59, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.74 Hz terjadi pada pukul 16:49. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

4.3.5. Frekuensi SDP IU AC

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP IU AC Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Jumat 6 April 2018.

**Gambar 4.21** Grafik Nilai Frekuensi SDP IU AC

Pada gambar 4.21 terdapat bentuk dari grafik nilai frekuensi SDP IU AC yang merupakan panel sistem pendingin ruangan pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang melingkupi dari level lantai B2 – lantai 5. Pada rentang waktu awal pengukuran yang dimana pada pukul 08:00 nilai frekuensi sudah terlihat kecil dikarenakan penggunaan beban AC yang bersistem FCU tersebut dinyalakan bersamaan yang mencakup level lantai dari lantai B2 – lantai 5. Nilai frekuensi relatif rendah berada dibawah 50 Hz hingga sampai pukul 11:00 pagi hari. Nilai frekuensi berangsur naik pada pukul 11:00 – 13:00 dikarenakan kegiatan operasional berhenti pada jam istirahat. Pada pukul 13:00 – 15:00 nilai frekuensi mengalami penurunan karena jam operasional dimulai dan pada akhirnya pada pukul 15:00 – 17:00 nilai frekuensi berangsur naik karena kegiatan operasional telah berhenti pada jam pulang kerja. Walaupun begitu nilai frekuensi tertinggi tidak berada pada jam pulang kerja pada grafik tergambar nilai frekuensi tertinggi saat pukul 15:30 dimana pada proses pemberhentian fungsi kerja AC perlahan-lahan dimatikan dimulai dari jam tersebut. Dan pada area tertentu seperti area *control room* dan *lobby* peran sistem pendingin masih berfungsi dikarenakan masih ada aktivitas pengamanan dan pengadaan pemeliharaan selepas jam 17:00 tersebut.

Turunnya nilai frekuensi pada suatu sistem kelistrikan pada bangunan sangat berdampak pada beban motor berupa pendingin ruangan bersistem FCU. Jika frekuensi suplai untuk sistem pendingin ruangan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nominal yang dibutuhkannya, maka kinerja sistem pendingin ruangan akan berkurang. Jika frekuensi suplai lebih besar dibanding nominal yang dibutuhkannya, maka tahanan sistem pendingin ruangan akan lebih cepat panas sehingga umur pemakaian alat dapat berkurang lebih cepat.

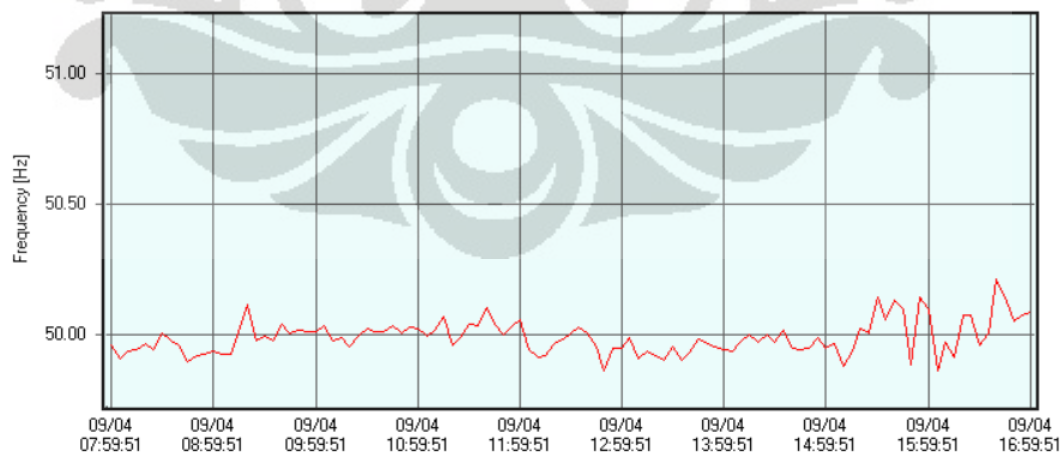
Tabel 4.21 Nilai Frekuensi SDP IU AC

Keterangan	SDP IU AC
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.22
Waktu Frekuensi Maksimum	15:39:18
Frekuensi Minimum (Hz)	49.75
Waktu Frekuensi Minimum	09:29:18
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.92

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-A ialah sebesar 50.22 Hz dan terjadi pada pukul 15:39, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.75 Hz terjadi pada pukul 09:29. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

4.3.6. Frekuensi SDP IU AC-B

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP IU AC-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 9 April 2018.

**Gambar 4.22** Grafik Nilai SDP IU AC-B

Pada gambar 4.22 diatas dipaparkan grafik nilai frekuensi dari SDP IU AC-B pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang melingkupi sistem pendingin ruangan dari level lantai 6 (enam) – 12 (dua belas) pada tower B. Pada awal waktu jam kerja nilai frekuensi relatif dibawah 50 Hz dari pukul 08:00 hingga pukul 10:15 hal tersebut berkenan dengan penyalaan sistem pendingin ruangan secara bersamaan dengan kapasitas yang besar mengakibatkan frekuensi pada panel SDP IU AC-B tersebut menjadi reaktif kecil. Seiring berjalannya waktu hingga pukul 12:00 siang hari nilai frekuensi berangsur stabil diatas 50 Hz. Pada pukul 13:00 setelah makan siang nilai frekuensi cenderung mengalami penurunan dikarenakan pemakaian beban pendingin ruangan dimulai lagi untuk menunjang aktivitas operasional. Pada tren SDP IU AC yang dibahas sebelumnya, pada pukul 15:30 sistem pendingin ruangan mencapai nilai frekuensi tertinggi kedua sehingga menunjukan mulainya diberhentikan fungsi dari sistem pendingin ruangan tersebut dikarenakan mulai memasuki jam pulang kerja.

Turunnya nilai frekuensi pada suatu sistem kelistrikan pada bangunan sangat berdampak pada beban motor berupa pendingin ruangan bersistem FCU. Jika frekuensi suplai untuk sistem pendingin ruangan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nominal yang dibutuhkannya, maka kinerja sistem pendingin ruangan akan berkurang. Jika frekuensi suplai lebih besar dibanding nominal yang dibutuhkannya, maka tahanan sistem pendingin ruangan akan lebih cepat panas sehingga umur pemakaian alat dapat berkurang lebih cepat.

Tabel 4.22 Nilai Frekuensi SDP IU AC-B

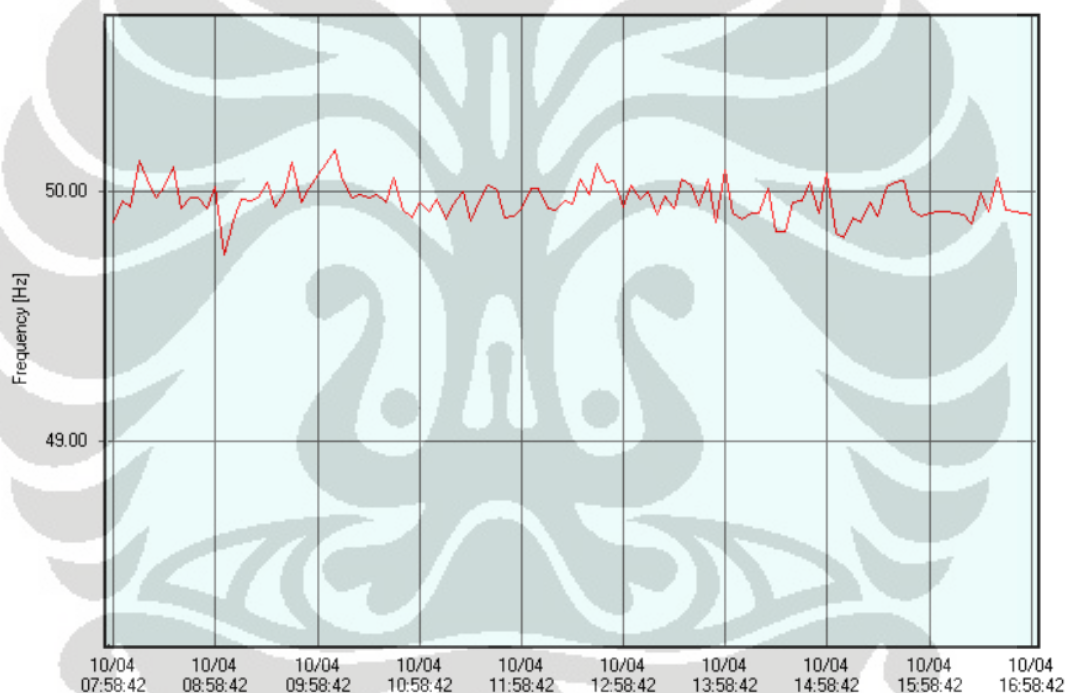
Keterangan	SDP IU AC
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.20
Waktu Frekuensi Maksimum	16:39:51
Frekuensi Minimum (Hz)	49.85
Waktu Frekuensi Minimum	12:49:51
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.98

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-A ialah sebesar 50.20 Hz dan terjadi pada

pukul 16:39, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.85 Hz terjadi pada pukul 12:49. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

4.3.7. Frekuensi SDP IU AC-A

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai frekuensi pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data frekuensi panel SDP IU AC-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Selasa 10 April 2018.



Gambar 4.23 Grafik Nilai Frekuensi SDP IU AC-A

Pada gambar 4.23 diatas dipaparkan grafik nilai frekuensi dari SDP IU AC-B pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang melingkupi sistem pendingin ruangan dari level lantai 6 (enam) – 12 (dua belas) pada tower A. Pada pukul 08:00 – 09:00 dimana sistem pendinginan melalui proses pengaktifan fungsi sehingga beban yang besar tersebut membuat nilai frekuensi relatif mengalami penurunan. Pada rentang waktu 09:00 – 10:00 pagi hari nilai frekuensi menduduki nilai tertingginya sehingga dapat dikatakan beberapa ruangan sudah mencapai suhu yang dikehendaki dalam pengaturan suhu pendingin ruangan

sehingga performa yang diperlukan menurun dan tidak memerlukan daya yang besar. Pada pukul 10:00 – 13:00 pemakaian sistem pendingin ruangan menjadi meningkat dikarenakan pada umumnya, aktivitas riset pada gedung tersebut dimulai dari pukul 10:00 – 12:00 dan kegiatan dilanjutkan setelah melakukan aktivitas istirahat disiang hari. Pada pukul 13:00 – 17:00 nilai frekuensi berangsur turun relatif dibawah 50 Hz karena penggunaan beban pendingin ruangan yang besar diperlukan untuk keberlangsunga kegiatan riset yang dilakukan pada kurun waktu tersebut. Sistem pendingin tersebut tidak hanya dinyalakan saat kegiatan riset yang melibatkan sivitas melainkan penyimpanan hasil riset pun perlu diperhatikan sehingga suhu ruangan perlu dijaga sedemikian rupa untuk menjaga hasil-hasil *sampling* riset yang ada.

Turunnya nilai frekuensi pada suatu sistem kelistrikan pada bangunan sangat berdampak pada beban motor berupa pendingin ruangan bersistem FCU. Jika frekuensi suplai untuk sistem pendingin ruangan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nominal yang dibutuhkannya, maka kinerja sistem pendingin ruangan akan berkurang. Jika frekuensi suplai lebih besar dibanding nominal yang dibutuhkannya, maka tahanan sistem pendingin ruangan akan lebih cepat panas sehingga umur pemakaian alat dapat berkurang lebih cepat.

Tabel 4.23 Nilai Frekuensi SDP IU AC-A

Keterangan	SDP IU AC
Frekuensi Maksimum (Hz)	50.16
Waktu Frekuensi Maksimum	10:08:42
Frekuensi Minimum (Hz)	49.74
Waktu Frekuensi Minimum	09:03:42
Rata-rata Frekuensi (Hz)	49.96

Sesuai dengan SPLN tahun 1995 nilai batas atas frekuensi sebesar +1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 50.5 Hz dan batas bawah frekuensi sebesar -1% dari nilai nominalnya yaitu sebesar 49.5 Hz. Dari tabel 4.16 dapat kita lihat bahwa nilai frekuensi maksimum pada panel SDP PP-A ialah sebesar 50.16 Hz dan terjadi pada pukul 10:08, sedangkan nilai frekuensi minimum sebesar 49.74 Hz terjadi pada pukul 09:03. Dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai standar acuan

maka kedua nilai frekuensi baik batas atas dan nilai frekuensi batas bawah tersebut sesuai dengan standar.

Tabel 4.24 Nilai Frekuensi Seluruh Panel

No	Keterangan	SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April)	SDP IU AC-A (Selasa 10 April 2018)
1	Frekuensi Maksimum (%)	50.25	50.18	50.17	50.21	50.22	50.20	50.16
2	Waktu Frekuensi Maksimum	08:28:53	09:38:01	09:23:33	16:59:28	15:39:18	16:39:51	10:08:42
3	Frekuensi Minimum (%)	49.38	49.76	49.75	49.74	49.75	49.85	49.74
4	Waktu Frekuensi Minimum	10:53:53	15:23:01	10:23:33	16:49:28	09:29:18	12:49:51	09:03:42
5	Rata-rata Frekuensi (%)	49.97	49.98	49.96	49.91	49.92	49.98	49.96
6	Standar Frekuensi SPLN 1995	TIDAK SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI

Pada tabel 4.24 diatas dapat diketahui nilai frekuensi sistem kelistrikan pada panel-panel terkait yang merupakan titik penelitian yang dilakukan oleh penulis. Terlihat khususnya pada panel SDP LP-B yang pengukurannya dilakukan pada hari Senin 2 April 2018 memiliki nilai frekuensi batas bawah yang tidak sesuai dengan standar dengan SPLN tahun 1995. Walaupun nilai frekuensi yang terendah sebesar 49.38 Hz masih dikatakan aman dikarenakan masih pada batas toleransi sebesar kurang lebih 0.2 % dari standar yang berlaku sehingga tidak diperlukannya perlakuan khusus.

4.4 Harmonisa

4.4.1. Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai *Total Harmonic Distortion Voltage* pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data nilai *Total Harmonic Distortion Voltage* panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 2 April 2018.

Tabel 4.25 Nilai THDv SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	3.61	09:58:53	3.40	08:58:53	4.10	10:58:53
	Rata-rata	3.58		3.32		4.01	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	3.59	10:58:53	3.32	10:58:53	4.10	10:58:53
	Rata-rata	3.55		3.25		4.03	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	3.75	14:58:53	3.26	14:58:53	4.09	14:58:53
	Rata-rata	3.08		2.54		3.33	

Dari tabel 4.25 terpapar nilai maksimum dan rata-rata Total Harmonic Distortion Voltage (THDv). Persentase nilai maksimum Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) tersebut terjadi di fasa T dengan nilai sebesar 4.10 % pada pukul 10:58 pagi hari. Nilai harmonisa tegangan total muncul dikarenakan pada panel SDP LP-B tersebut yang dimana bertanggung jawab atas pembebanan pencahayaan.

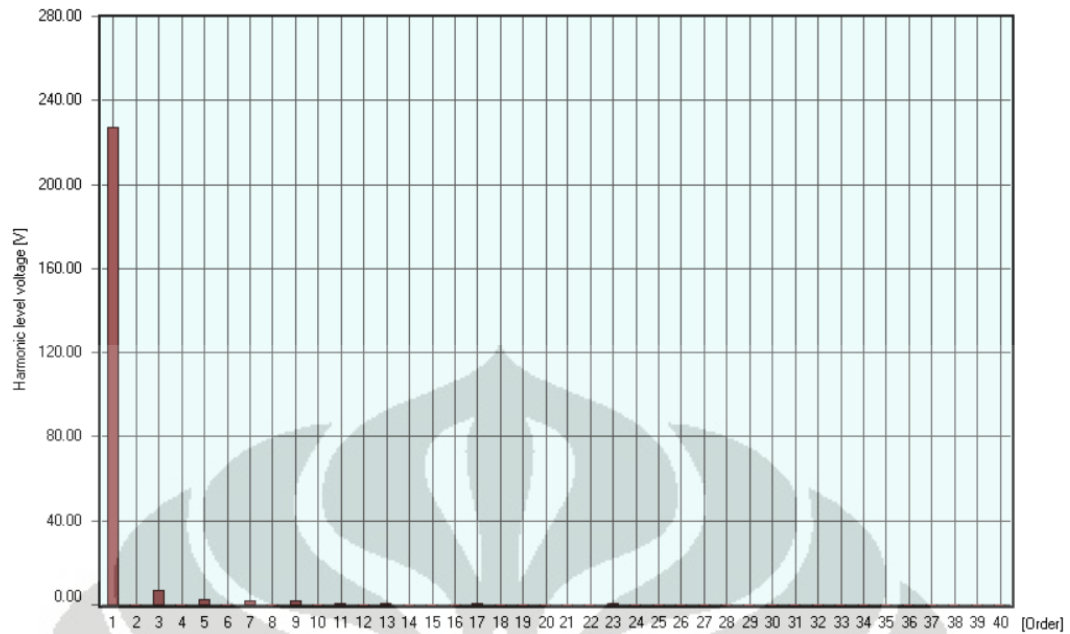
Berikut ini akan dipaparkan nilai dari masing-masing orde Individual Harmonic Distortion Voltage (IHDv) pada pukul 10:58 saat terjadi nilai Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) pada fasa T.

Tabel 4.26 Orde IHDv saat THDv Maksimum

Orde	Tegangan (V)	IHDV(%)	Orde	Tegangan (V)	IHDV(%)
1	229.37	100	21	0.46	0.20
2	0.05	0.02	22	0.11	0.05
3	6.86	2.99	23	0.90	0.39
4	0.04	0.02	24	0.05	0.02
5	2.47	1.08	25	0.09	0.04
6	0.05	0.02	26	0.05	0.02
7	2.18	0.95	27	0.24	0.10
8	0.05	0.02	28	0.11	0.05
9	2.10	0.92	29	0.07	0.03
10	0.16	0.07	30	0.05	0.02
11	1.06	0.46	31	0.31	0.13
12	0.15	0.06	32	0.02	0.01
13	1.05	0.46	33	0.25	0.11
14	0.03	0.01	34	0.04	0.02
15	0.45	0.20	35	0.10	0.04
16	0.12	0.05	36	0.02	0.01
17	1.10	0.48	37	0.18	0.08
18	0.09	0.04	38	0.03	0.01
19	0.45	0.20	39	0.13	0.06
20	0.03	0.01	40	0.02	0.01
THDv Total (%)			3.59		

Dari tabel 4.26 terpapar nilai penyumbang Individual Harmonic Distortio Voltage (IHDv) terbesar ialah orde ketiga dengan nilai tegangan orde sebesar 6.86 Volt dan nilai persentase IHDv ialah sebesar 2.99% dengan persendan tase keseluruhan nilai THDv Total sebesar 3.59%.

Berikut ini merupakan gambar grafik spectrum gelombang Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) dan gelombang harmonisa tegangan.



Gambar 4.24 Spektrum Harmonisa Tegangan saat THDv Maksimum



Gambar 4.25 Gelombang Harmonisa Tegangan SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Berdasarkan gambar 4.24 dapat terlihat orde ketiga merupakan penyumbang harmonisa tegangan atau IHDv terbesar dibandingkan dengan orde lainnya. Dari gambar 4.25 pun dapat dilihat gelombang tegangan tiap fasa yang dipengaruhi oleh harmonisa tegangan. Gelombang yang terpapar dalam gambar tersebut merupakan gelombang tegangan tiap fasa yang memiliki bentuk sinusoidal yang terdistorsi dengan skala distorsi yang relatif kecil.

Sesuai dengan standar harmonisa tegangan yang diatur oleh standar IEEE 519-1992, sistem yang memiliki tegangan nominal dibawah 69KV memiliki batas IHDv sebesar 3% dan THDv sebesar 5%. Penulis melakukan perbandingan hasil pengukuran dan standar IEEE 519-1992 dimana didapatkan hasil seperti ini.

Tabel 4.27 Variasi IHDv & THDv di seluruh panel penelitian

No	Keterangan	SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018)	SDP IU AC- A (Selasa 10 April 2018)
1	Orde	3	3	3	3	5	5	5
2	Tegangan (V)	6.86	4.12	4.15	3.97	3.41	3.42	2.47
3	IHDV (%)	2.99	1.82	1.84	1.75	1.52	1.53	1.10
4	THDV (%)	3.59	2.37	2.32	2.25	2.19	2.71	2.28
5	Standar IEEE 519-1992	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI

Dari tabel 4.27 terpaparkan nilai *Individual Harmonic Distortion Voltage* (IHDv) dan nilai *Total Hamonic Distortion Voltage* (THDv) sistem kelistrikan di seluruh panel penelitian *Sub Distribution Panel* (SDP) Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang dimana nilainya sesuai dengan IEEE 519-1992. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa tidak dibutuhkannya perlakuan khusus terhadap sistem kelistrikan mengenai harmonisa tegangan.

4.4.2. Total Demand Distortion (TDD)

Dalam proses membandingkan nilai harmonisa arus dengan standar yang diatur dalam IEEE 519-1992 dibutuhkan nilai koefisien batas harmonisa arus. Nilai tersebut berguna untuk memasukan sistem kelistrikan pada panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan kategori yang telah diatur pada standar IEEE 519-1992. Perhitungan nilai koefisien batas harmonisa arus didapat dari perbandingan antara nilai arus hubung singkat pada *Point of Common Coupling* (PCC) dengan arus maksimum yang terjadi pada hari Senin 2 April 2018. Nilai dari arus load maksimum didapatkan dari data yang sudah didapatkan dari alat ukur HIOKI 3169-20 dan diolah pada program perangkat lunak HIOKI 9623 Power Measurement Program Support. Nilai arus maksimum yang didapat ialah sebesar 66.88 Ampere. Disamping itu nilai arus hubung singkat didapatkan dari perhitungan sebagai mana mestinya yang terpapar dibawah ini :

$$I_{SC} = \frac{I_L}{\%Z \text{ trafa}} = \frac{66.88 \text{ A}}{0.045} = 1486.22 \text{ A}$$

Nilai koefisien batas harmonisa arus didapatkan melalui perhitungan dibawah ini :

$$\frac{I_{SC}}{I_L} = \frac{1486,22 \text{ A}}{66.88 \text{ A}} = 22.22$$

Sesuai dengan standar acuan yang digunakan, nilai koefisien batas panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sesuai dengan standar IEEE 519-1992 masuk kedalam kategori pertama karena nilai koefisien batas harmonisa arus nilainya dibawah dua puluh. Di sisi lain untuk menghitung nilai TDD pada panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia didapatkan melalui metode perhitungan dari rumus 2.11, yang merupakan perbandingan antara akar keseluruhan nilai orde IHDi dengan nilai arus load maksimum. Orde IHDi pada hari Senin 2 April 2018 didapat dari data yang telah diolah dalam program perangkat lunak *Power Measurement Program Support*. Berikut perhitungan nilai TDD pada hari Senin 2 April 2018 pada panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

$$TDD = \frac{28.54 \text{ A}}{66.88 \text{ A}} \times 100\% = 42\%$$

Berikut merupakan nilai *Total Demand Distortion* (TDD) selama dilakukannya penelitian :

Tabel 4.28 Tabel Variasi TDD

No	Keterangan	SDL LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018)	SDP IU AC-A (Selasa 10 April 2018)
1	TDD (%)	42.5	27.4	13.9	44.3	32.4	24.2	4.7
2	Standar IEEE 519-1992 (%)	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	SESUAI

Dari tabel 4.28 Terpapar bahwa nilai *Total Demand Distortion* (TDD) pada panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia mayoritas memiliki ketidaksesuaian nilai dengan standar IEEE 519-1992 dimana batas atas TDD ialah sebesar 5%. Untuk itu dibutuhkan perlakuan khusus guna mereduksi dan memperbaiki nilai TDD pada sistem kelistrikan panel *Sub*

Distribution Panel Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk memperbaiki nilai TDD yang tidak sesuai dengan standar ialah dengan menggunakan filter. Filter tersebut ditujukan untuk mereduksi nilai-nilai harmonisa pada setiap ordenya. Dikarenakan untuk menjaga kondisi dari asset pada gedung tersebut yang dimana nilai asset terkait peralatan riset dan edukasi dibidang medis serta seluruh peralatan penunjang kegiatan yang bernilai cukup mahal maka dari itu, dianjurkan membuat filter yang tidak membutuhkan biaya yang tinggi yaitu *single-tuned passive filter*.

4.4.3. Total Harmonic Distortion Current (THDi)

Pada pengolahan data menggunakan program perangkat lunak *Power Measurement Program Support* didapatkan nilai *Total Harmonic Distortion Current* pada seluruh titik penelitian *Sub Distribution Panel*. Berikut merupakan hasil pengolahan data nilai *Total Harmonic Distortion Current* panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 2 April 2018.

Tabel 4.29 Nilai THDi SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	53.79	07:58:53	50.56	10:58:53	48.44	10:58:53
	Rata-rata	51.99		49.11		46.47	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	54.19	12:58:53	50.56	10:58:53	49.24	12:58:53
	Rata-rata	53.40		49.30		48.37	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	56.46	14:58:53	49.82	14:58:53	46.97	13:58:53
	Rata-rata	51.22		42.21		41.73	

Dari tabel 4.29 Terpapar nilai maksimum Total Harmonic Distortion Current (THDi) terjadi di fasa R pada pukul 14:58 dengan persentase THDi sebesar 56.46%. nilai masing-masing orde Individual Harmonic Distortion Current (IHDi)

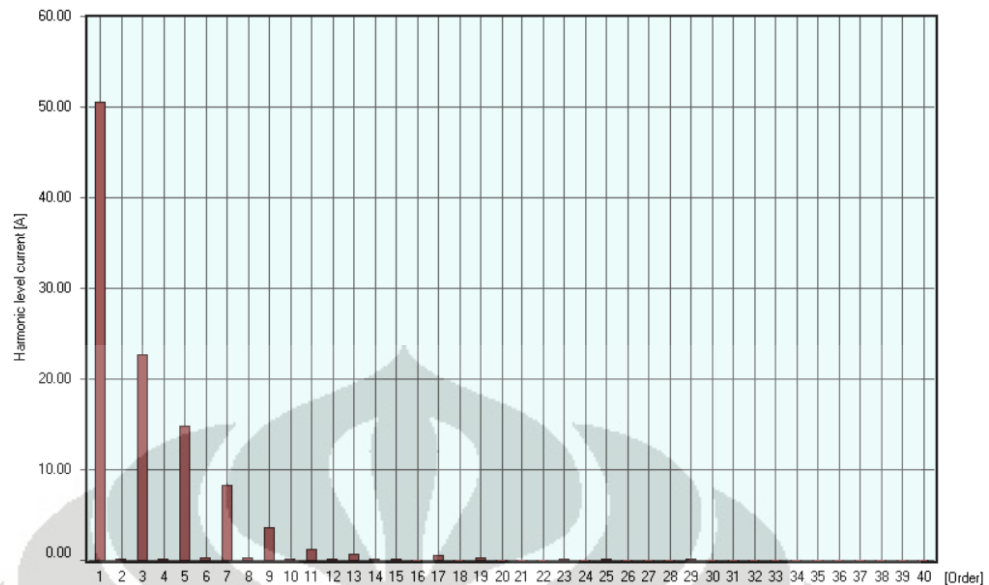
didapat saat nilai THDi mencapai nilai maksimum, berikut ini nilai IHDi pada Panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Tabel 4.30 Orde IHDi saat nilai THDi maksimum

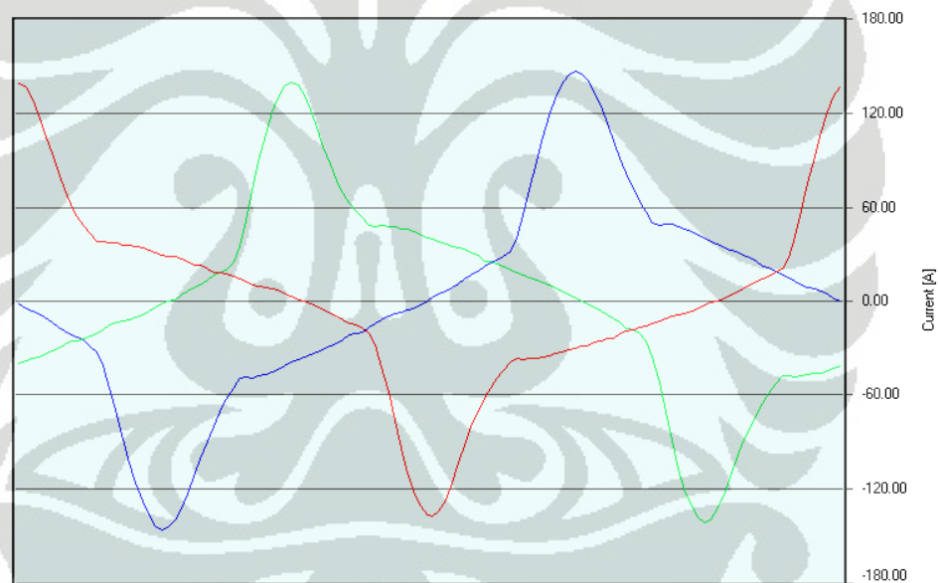
Orde	Arus (I)	IHDi(%)	Orde	Arus (I)	IHDi(%)
1	50.55	100	21	0.10	0.19
2	0.15	0.29	22	0.02	0.04
3	22.61	44.72	23	0.16	0.31
4	0.16	0.31	24	0.03	0.05
5	14.79	29.27	25	0.11	0.22
6	0.25	0.48	26	0.03	0.07
7	8.30	16.41	27	0.14	0.09
8	0.28	0.56	28	0.03	0.06
9	3.60	7.13	29	0.14	0.28
10	0.22	0.43	30	0.02	0.04
11	1.25	2.48	31	0.05	0.10
12	0.11	0.22	32	0.01	0.03
13	0.66	1.31	33	0.02	0.04
14	0.11	0.21	34	0.01	0.02
15	0.19	0.38	35	0.09	0.19
16	0.06	0.12	36	0.01	0.03
17	0.60	1.18	37	0.10	0.20
18	0.08	0.15	38	0.03	0.05
19	0.35	0.68	39	0.04	0.09
20	0.08	0.17	40	0.01	0.01
THDv Total (%)			56.46		

Dari tabel 4.30 Terpaparkan orde penyumbang harmonisa arus dengan persentase IHDi terbesar terdapat pada orde tiga dengan nilai *Individual Harmonic Distortion Current* (IHDi) sebesar 44.72% dengan nilai *Total Harmonic Distortion Current* (THDi) sebesar 56.46%.

Berikut ini merupakan gambar grafik spektrum gelombang *Total Harmonic Distortion Current* (THDi) dan gelombang harmonisa arus.



Gambar 4.26 Spektrum Harmonisa Arus saat nilai Maksimum THDi



Gambar 4.27 Gelombang Harmonisa Arus SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Dari gambar 4.26 pada spectrum harmonisa arus dapat dilihat orde penyumbang harmonisa pada sistem kelistrikan panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yaitu orde ke tiga. Kemudian, gambar pada gambar 4.27 terdapat gelombang arus yang terdistorsi oleh harmonisa arus, bentuk dari gelombang tersebut ialah gelombang sinusoidal tidak murni yang disebabkan oleh pemakaian beban-beban non-linear pada sistem pencahayaan yang digunakan oleh sivitas pada gedung tersebut untuk menunjang kegiatan.

Nilai THDi maksimum sebesar 56.46% terjadi pada pukul 14:58 siang hari dimana pada durasi waktu tersebut sivitas melakukan aktivitas pada siang hari terkait kegiatan edukasi pada bidang non medis, kegiatan administrasi, kegiatan diskusi, kegiatan pemeliharaan, dan kegiatan operasional lainnya pada rentang waktu tersebut. Kegiatan tersebut memerlukan tata pencahayaan yang baik untuk memaksimalkan kinerja dari pada sivitas itu sendiri. Beban-beban pencahayaan yang digunakan ialah lampu jenis CFL yang merupakan beban non-linear yang menjadi penyebab dari harmonisa itu sendiri.

Tabel 4.31 Perbandingan Setiap Orde IHDi dengan Standar IEE 519-1992

Orde	IHDi(%)	Standar (%)	Keterangan	Orde	IHDi(%)	Standar (%)	Keterangan
1	100	-	-	21	0.19	2.5	SESUAI
2	0.29	7	SESUAI	22	0.04	2.5	SESUAI
3	44.72	7	TIDAK SESUAI	23	0.31	1	SESUAI
4	0.31	7	SESUAI	24	0.05	1	SESUAI
5	29.27	7	TIDAK SESUAI	25	0.22	1	SESUAI
6	0.48	7	SESUAI	26	0.07	1	SESUAI
7	16.41	7	TIDAK SESUAI	27	0.09	1	SESUAI
8	0.56	7	SESUAI	28	0.06	1	SESUAI
9	7.13	7	TIDAK SESUAI	29	0.28	1	SESUAI
10	0.43	7	SESUAI	30	0.04	1	SESUAI
11	2.48	3.5	SESUAI	31	0.10	1	SESUAI
12	0.22	3.5	SESUAI	32	0.03	1	SESUAI
13	1.31	3.5	SESUAI	33	0.04	1	SESUAI
14	0.21	3.5	SESUAI	34	0.02	1	SESUAI
15	0.38	3.5	SESUAI	35	0.19	0.5	SESUAI
16	0.12	3.5	SESUAI	36	0.03	0.5	SESUAI
17	1.18	2.5	SESUAI	37	0.20	0.5	SESUAI
18	0.15	2.5	SESUAI	38	0.05	0.5	SESUAI
19	0.68	2.5	SESUAI	39	0.09	0.5	SESUAI
20	0.17	2.5	SESUAI	40	0.01	0.5	SESUAI

Dari tabel 4.31 Terpaparkan nilai perbandingan antara orde-orde IHDi dengan standar harmonisa IEEE 519-1992. Dengan melakukan perbandingan dari hasil data-data diatas didapatkannya beberapa orde IHDi yang tidak dengan standar yang digunakan. Nilai IHDi maksimum terdapat pada orde ketiga yaitu sebesar 44.72%. Mayoritas nilai yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan berasal dari orde ganjil, dimana nilai harmonisa pada orde ganjil membuat gelombang arus yang terdistorsi bentuknya berubah menjadi bentuk gelombang sinusoidal tidak

murni. Nilai harmonisa pada titik penelitian tersebut (SDP LP-B) diakibatkan oleh beban pencahayaan yang bersifat non-linear seperti lampu CFL yang keseluruhan gedung menggunakan jenis lampu tersebut yang diperuntukan untuk tata pencahayaan baik dalam ruangan maupun bagian luar ruangan seperti lobby dan bagian lorong lainnya. Pengaruh meningkatnya nilai orde IHDi yang ada juga dapat menyebabkannya meningkatnya nilai THDi dan TDD. Berikut nilai maksimum IHDi, THDi, dan TDD selama melakukan penelitian pada panel titik penelitian yang sudah di tentukan pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Tabel 4.32 Variasi THDi, IHDi, dan TDD

No	Keterangan	SDL LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018)	SDP IU AC-A (Selasa 10 April 2018)
1	Waktu Maksimum	14:58	15:48	17:00	07:59	08:59	07:59	10:58
2	THDi (%)	56.46	50.59	26.30	85.33	37.21	34.98	5.06
3	IHDi (%)	44.72	42.15	15.96	64.44	29.79	24.60	3.67
4	Orde IHDi	3	3	5	3	5	5	5
5	Arus (A)	22.61	8.10	4.53	27.90	10.21	7.92	2.1
6	TDD (%)	42.5	27.4	13.9	44.3	32.4	24.2	4.7

Dari tabel 4.32 Terpapar bahwa nilai komponen-komponen harmonisa berupa THDi, IHDi, dan TDD terbesar terjadi pada pagi hari dan siang hari, dengan rentang waktu pukul 08:00 sampai dengan 14:00. Tingginya nilai komponen harmonisa disebabkan oleh para sivitas yang menggunakan peralatan listrik untuk menunjang kegiatan operasionalnya masing-masing berupa pendingin ruangan, beban penerangan, peralatan komputer, dan sebagainya.

4.5. Perbaikan Harmonisa

Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia merupakan pusat riset dan edukasi dibidang medis yang terbesar diindonesia. Seluruh kegiatan khususnya kegiatan riset pastinya didukung oleh alat-alat medis yang mutakhir dan sensitif sehingga perlu didukung oleh kualitas daya listrik yang baik. Tidak lupa juga penggunaan item penunjang seperti sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan pada kegiatan riset dan edukasi pada gedung tersebut juga dapat menyebabkan distorsi arus harmonisa. Pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia terdapat berbagai macam harmonisa arus lebih dari satu orde maka sebaiknya perlu dilakukan pemasangan filer pasif harmonisa (*Harmonic*

Passive Filter). Filter tersebut disain dengan tujuan untuk mengurangi amplitudo satu atau lebih frekuensi dari sebuah tegangan atau arus. Dengan melakukan pemasangan filter harmonisa pada sistem tertentu yang merupakan sumber harmonisa tersebut, maka penyebaran arus harmonisa pada sistem tertentu dapat direduksi sedemikian rupa. Fungsi lain yang dimiliki oleh filter harmonisa ialah pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem serta harga dari filter pasif tersebut cukup murah sehingga dapat menekan nilai ekonomisnya pada instalasi di gedung tersebut.

Dari ketujuh panel yang merupakan titik penelitian item terkait berupa sistem pencahayaan, sistem pendingin ruangan, serta item stop kontak yang memiliki tingkat harmonisa yang besar pada orde ke 3 dan ke 5 dengan nilai masing-masing yang telah terpapar pada tabel 4.34. Maka dapat digunakannya filter pasif jenis *Single Tuned Passive Filter* yang berfungsi untuk mereduksi nilai harmonisa orde ke 3 dan ke 5 yang bersumber dari beban non-linier. Sebelum dilakukan pemasangan filter harmonisa pada panel, perlu dilakukannya perhitungan agar dapat mengatur nilai yang ada pada filter secara tepat.

4.5.1. *Single Tuned Filter* orde kelima (Hari Jumat 6 April 2018)

$$Q_{comp} = S \sin(\cos^{-1} P_{fawal}) - S \sin(\cos^{-1} P_{fdiinginkan})$$

$$Q_{comp} = 13.37 \sin(\cos^{-1} 0.71) - 13.37 \sin(\cos^{-1} 0.81)$$

$$Q_{comp} = 0.001575 \text{ mVar}$$

$$XC = \frac{(0.4)^2}{0.001575} = 101.58 \Omega$$

$$XL = \frac{xc}{n^2} = \frac{101.58 \Omega}{5^2} = 4.06 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f x_C} = \frac{1}{2 \left(\frac{22}{7}\right) (50) (101.58)} = 31.32 \mu F \quad L = \frac{x_L}{2\pi f} = \frac{4.06}{2 \left(\frac{22}{7}\right) (50)} = 12.9 \text{ mH}$$

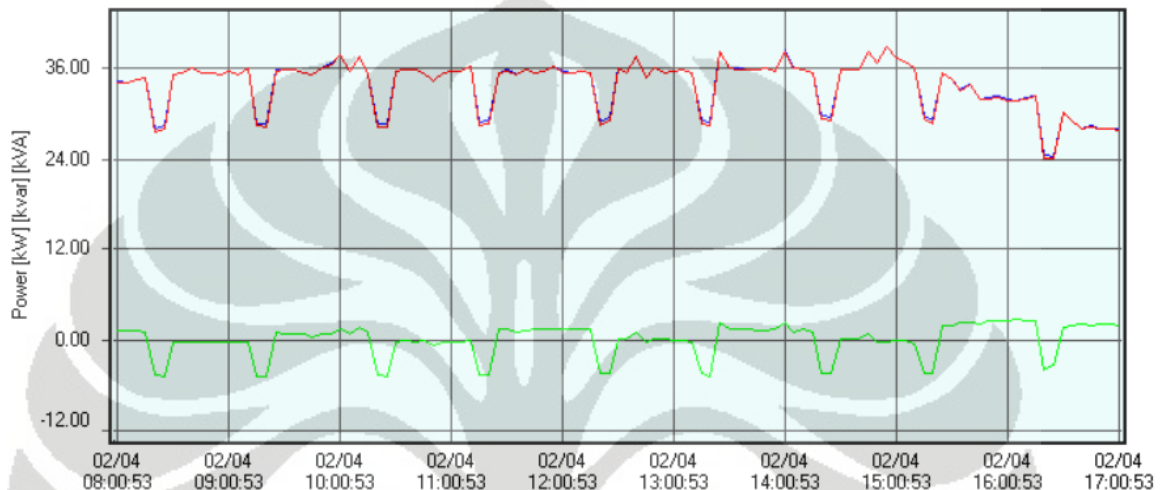
Sehingga untuk mengurangi harmonic orde ke lima, diperlukan pemasangan single-tuned filter dengan nilai kapasitor sebesar $31.32 \mu F$, nilai induktor sebesar 12.9 mH , dan nilai resistor sebesar 4.06Ω dengan *quality factor* (Q) sebesar 60.

4.6 Pemakaian Daya & Faktor Daya

4.6.1. Pemakaian Daya

4.6.1.1. Pemakaian Daya SDP LP-B

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 2 April 2018.



Gambar 4.28 Data Pemakaian Daya SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

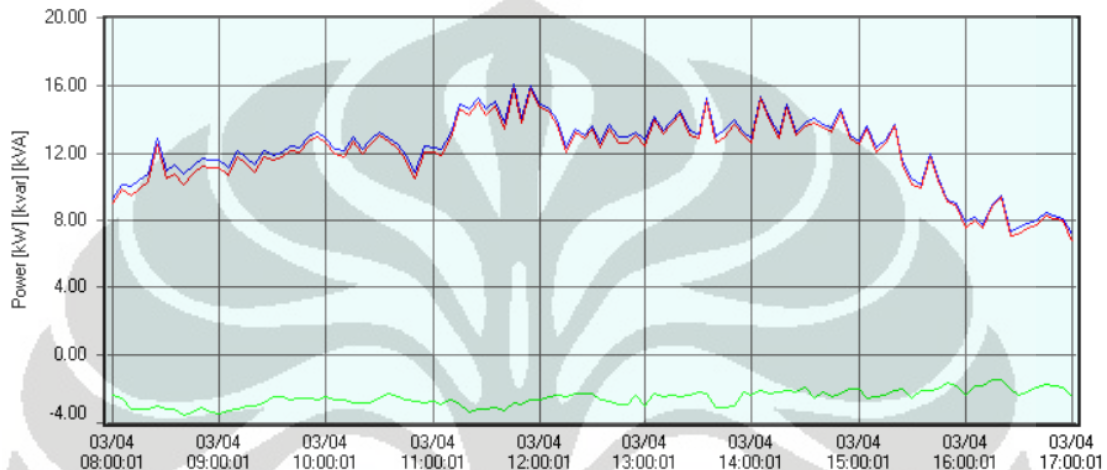
Garis Biru ialah nilai daya semu

Dari gambar 4.28 terpapar masing-masing nilai daya aktif, daya reaktif, dan daya semu selama 9 (Sembilan) jam pengukuran yang dilakukan oleh penulis. Grafik tersebut menunjukkan nilai daya semu dan nilai daya aktif relatif sama besarnya hal tersebut dikarenakan daya semua merupakan daya yang dibangkitkan serta didistribusikan oleh PLN kepada pengguna listrik yang menggunakan beban sementara daya aktif yang merupakan daya yang digunakan. Pada grafik tersebut tren yang tergambar ialah pemakaian daya pada panel SDP LP-B yang merupakan item sistem pencahayaan pada tower B memiliki nilai yang stabil dari pukul 08:00 – 15:00. Sistem penerangan tersebut dibutuhkan sepenuhnya baik jam kerja walaupun saat jam istirahat. Memasuki jam 15:00 – 17:00 pemakaian daya seiring

berjalannya waktu akan berkurang terus menerus mengingat pada jam tersebut kegiatan mulai berkurang hingga memasuki jam pulang kerja.

4.6.1.2. Pemakaian Daya SDP PP-B

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP PP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Selasa 3 April 2018.



Gambar 4.29 Pemakaian Daya SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

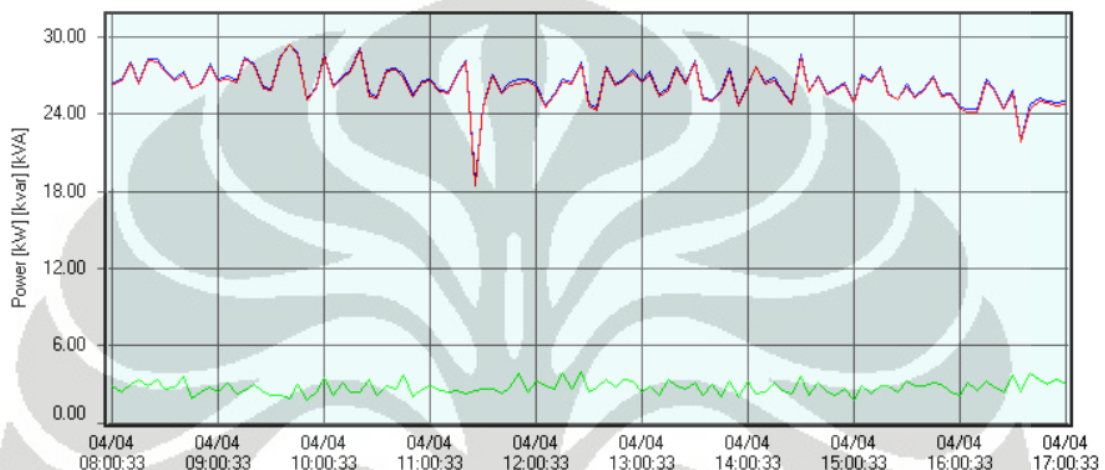
Garis Biru ialah nilai daya semu

Dari gambar diatas terpapar pemakaian daya yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP PP-B yang bertanggung jawab atas item stop kontak pada tower B. terlihat pada grafik dimana pada pukul 08:00 – 12:00 meningkat seiring dimana kegiatan edukasi pada dibidang medis memiliki penggunaan ruang terbanuyak pada rentang jam 08:00 – 12:00. Beberapa kegiatan tersebut akan berakhir pada pukul 12:00 sehingga terlihat pada tren selanjutnya pemakaian daya menjadi berkurang dikarenakan beberapa kegiatan edukasi sudah selesai pada jam 12:00. Sementara itu, kegiatan yang berlangsung pada siang hari pada umumnya akan berakhir di jam 16:00 jadi terlihat saat mulai memasuki pukul

16:00 pemakaian daya pun akan semakin menurun dikarenakan sudah memasuki jam pulang kerja.

4.6.1.3. Pemakaian Daya SDP PP-A

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP PP-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Rabu 4 April 2018.



Gambar 4.30 Pemakaian Daya SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

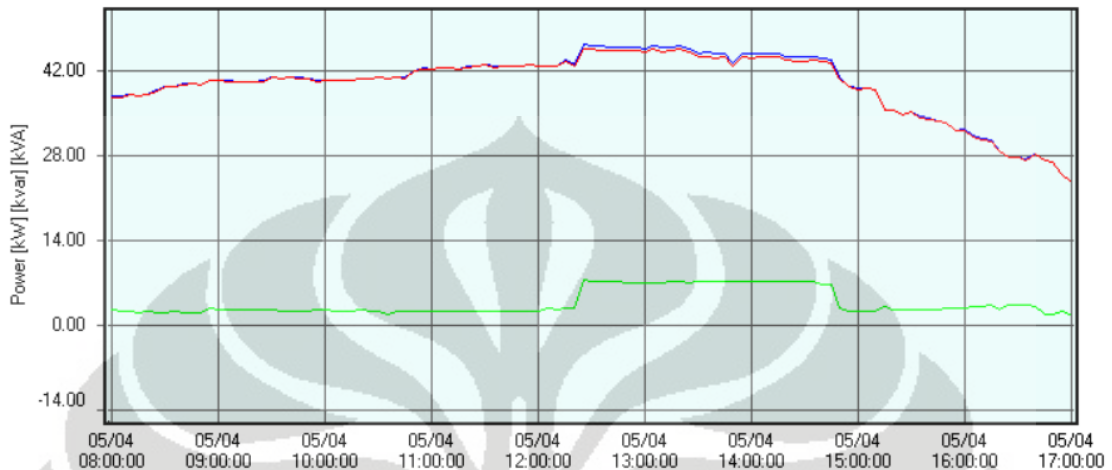
Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

Garis Biru ialah nilai daya semu

Pada gambar diatas dipaparkannya nilai pemakaian yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP PP-A yang bertanggung jawab atas item stop kontak pada tower A. Pemakaian daya pada SDP PP-A ini sangat menarik dikarenakan nilai pemakaian daya yang dimulai dari awal sampai akhir memiliki rentang nilai yang stabil ($24 \leq \text{Daya Aktif} \leq 27$) walaupun begitu grafik yang ada menunjukkan pola yang berfluktuatif. Hal tersebut dikarenakan berbagai macam alat riset yang ada pada tower A tersebut memiliki komponen pensaklaran sehingga membuat pemakaian tidak menentu tergantung pada kebutuhan didalam masing-masing kegiatan riset maka dari itu, hal tersebut dapat menyebabkan pemakaian daya yang fluktuatif.

4.6.1.4. Pemakaian Daya SDP LP-A

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP LP-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Kamis 5 April 2018.



Gambar 4.31 Grafik Nilai Pemakaian Daya SDP LP-A

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

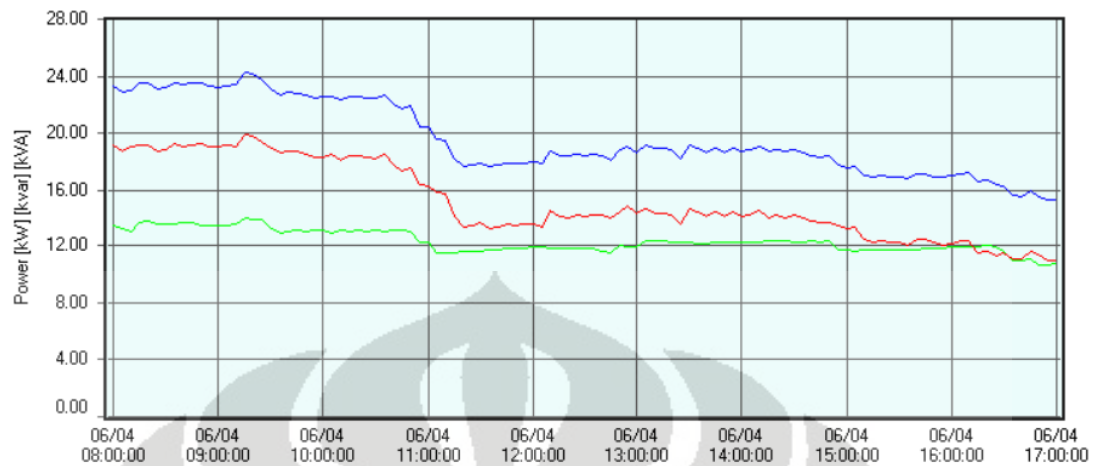
Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

Garis Biru ialah nilai daya semu

Pada gambar diatas dipaparkannya nilai pemakaian yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP LP-A yang bertanggung jawab atas item sistem pencahayaan pada tower A. Pemakaian daya seiring berjalannya waktu dari pukul 08:00 – 13:00 selalu mengalami kenaikan secara terus menerus. Hingga pada pukul 13:00 – 17:00 yang notabenenya kegiatan sudah menuju jam pulang kerja sehingga sedikit demi sedikit pemakaian daya semakin menurun karena pemadaman dari sistem pencahayaan itu sendiri.

4.6.1.5. Pemakaian Daya SDP IU AC

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP IU AC Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Jumat 6 April 2018.



Gambar 4.32 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

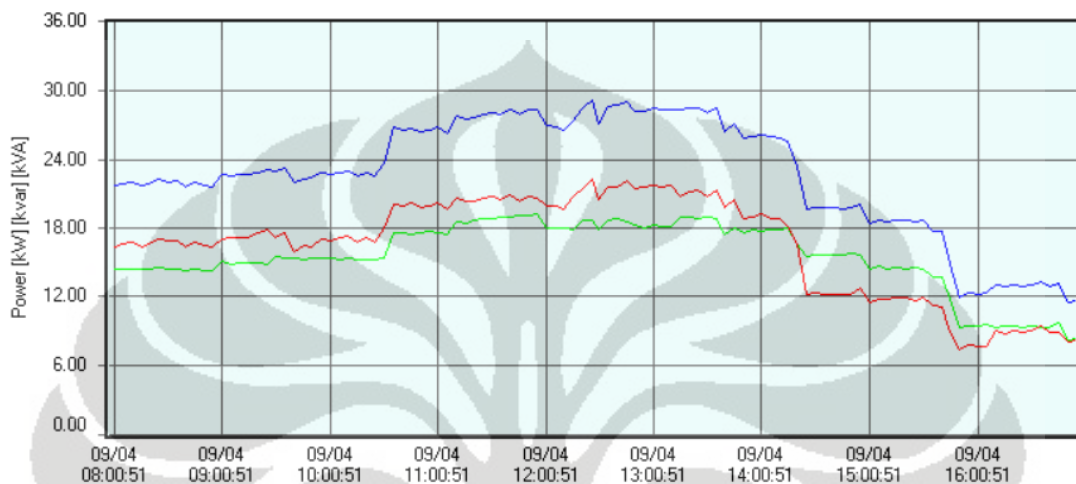
Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

Garis Biru ialah nilai daya semu

Pada gambar diatas dipaparkannya nilai pemakaian yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP IU AC yang bertanggung jawab atas item sistem pendingin ruangan pada level lantai B2 – lantai 5. Terdapat perbedaan nilai daya semu dan nilai daya aktif pada item pendingin ruangan dikarenakan, sistem pendingin ruangan yang memiliki penggerak motor memerlukan daya reaktif sehingga penggunaan daya reaktif lebih besar pada sistem pendingin ruangan tersebut. Pemakaian daya dari awal pengaktifkan pada pukul 08:00 langsung berada pada titik maksimal karena sistem pendingin harus segera dinyalakan untuk menjaga tata udara pada seluruh bagian ruangan yang ada digedung tersebut. Pada pukul 10:30 pemakaian daya mengalami penurunan dikarenakan suhu dari ruangan sudah mencapai pada pengaturan suhu yang ditetapkan sehingga kinerja dari suatu pendingin ruangan akan menurun secara otomatis, sehingga pemakaian daya pun akan mengalami penurunan. Penurunan tersebut berhenti saat pukul 11:30 setelah nya pemakaian daya menempati diposisi stabil hingga pukul 15:00. Saat memasuki jam pulang kerja pemakaian daya pun akan menurun sampai titik terendah.

4.6.1.6. Pemakaian Daya SDP IU AC-B

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP IU AC-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 9 April 2018.



Gambar 4.33 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC-B

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

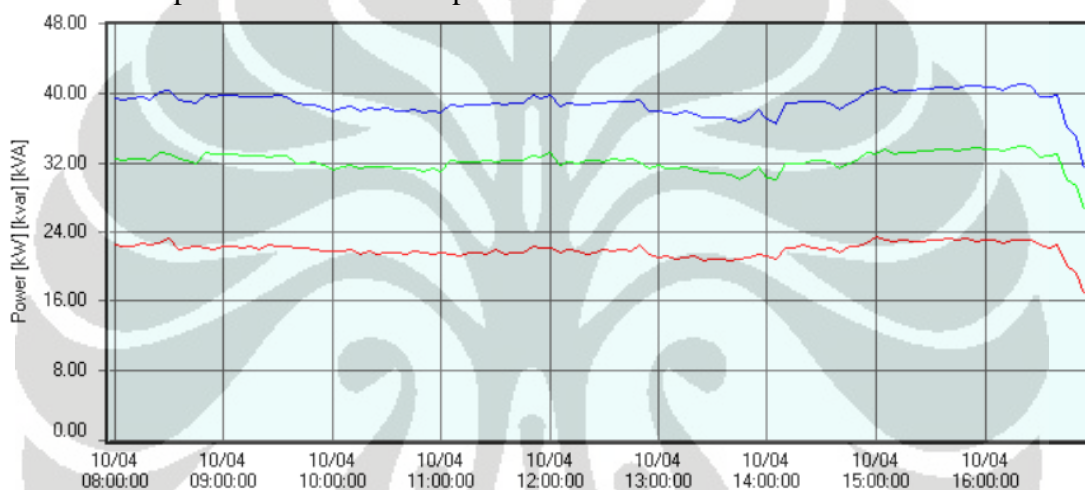
Garis Biru ialah nilai daya semu

Pada gambar diatas dipaparkannya nilai pemakaian yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP IU AC-B yang bertanggung jawab atas item sistem pendingin ruangan pada tower B level lantai 6 (enam) – 12 (dua belas). Terdapat perbedaan nilai daya semu dan nilai daya aktif pada item pendingin ruangan dikarenakan, sistem pendingin ruangan yang memiliki beban motor yang memerlukan daya reaktif sehingga penggunaan daya reaktif lebih besar pada sistem pendingin ruangan tersebut. Pemakaian daya dari awal pengaktifkan pada pukul 08:00 – 10:30 berada pada nilai yang relatif stabil karena sistem pendingin harus segera dinyalakan untuk menjaga tata udara pada seluruh bagian ruangan yang ada dgedung tersebut. Pada pukul 10:30 pemakaian daya mengalami kenaikan dikarenakan suhu dari ruangan belum mencapai pada pengaturan suhu

yang ditetapkan sehingga kinerja dari suatu pendingin ruangan akan terus meningkat untuk mengejar suhu yang dicapai. Nilai pemakaian daya pada pukul 10:30 – 14:00 memiliki nilai yang stabil tetapi saat lepas dari jam 14:30 fungsi sistem pendingin ruangan mulai menurun dikarenakan sudah mulai memasuki akhir dari jam operasional yang berujung pada waktu pulang jam kerja.

4.6.1.7. Pemakaian Daya SDP IU AC-A

Berikut ini merupakan grafik pemakaian daya listrik yang diukur selama 9 jam di panel SDP IU AC-A Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Selasa 10 April 2018.



Gambar 4.34 Grafik Pemakaian Daya SDP IU AC-A

Keterangan:

Garis Merah ialah nilai daya aktif

Garis Hijau ialah nilai daya reaktif

Garis Biru ialah nilai daya semu

Pada gambar diatas dipaparkannya nilai pemakaian yang menggambarkan daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dari panel SDP IU AC-A yang bertanggung jawab atas item sistem pendingin ruangan pada tower A level lantai 6 (enam) – 12 (dua belas). Terdapat perbedaan nilai daya semu dan nilai daya aktif pada item pendingin ruangan dikarenakan, sistem pendingin ruangan yang memiliki beban motor yang memerlukan daya reaktif sehingga penggunaan daya reaktif lebih besar

pada sistem pendingin ruangan tersebut. Pemakaian daya dari awal pengaktifkan pada pukul 08:00 – 09:30 berada pada nilai yang relatif besar karena sistem pendingin harus segera dinyalakan untuk menjaga tata udara pada seluruh bagian ruangan yang ada digedung tersebut terutama pada berbagai ruangan riset. Pada pukul 09:30 pemakaian daya mengalami penurunan sedikit dikarenakan suhu dari ruangan sudah mencapai pada pengaturan suhu yang ditetapkan sehingga kinerja dari suatu pendingin ruangan akan menurun. Nilai pemakaian daya pada pukul 10:30 – 15:00 memiliki nilai yang stabil tetapi berangsur pada pukul 15:30 – 16:30 grafik menunjukkan rentang pemakaian daya maksimal pada rentang waktu tersebut. Selepas dari jam 16:30 fungsi sistem pendingin ruangan mulai menurun dikarenakan sudah mulai memasuki akhir dari jam operasional yang berujung pada waktu pulang jam kerja. Keseluruhan sistem pendingin ruangan pada tower A tersebut yang bertanggung jawab atas area riset memiliki pemakaian daya yang stabil sepanjang waktunya dikarenakan prioritas utama dalam menjaga suhu normal ruangan yang didalamnya merupakan alat-alat laboratorium yang sensitif serta hasil sampling yang perlu diperhatikan lebih lanjut.

Berikut merupakan tabel pemakaian daya dari seluruh panel yang menjadi penelitian pada Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Tabel 4.33 Konsumsi daya pada seluruh panel penelitian

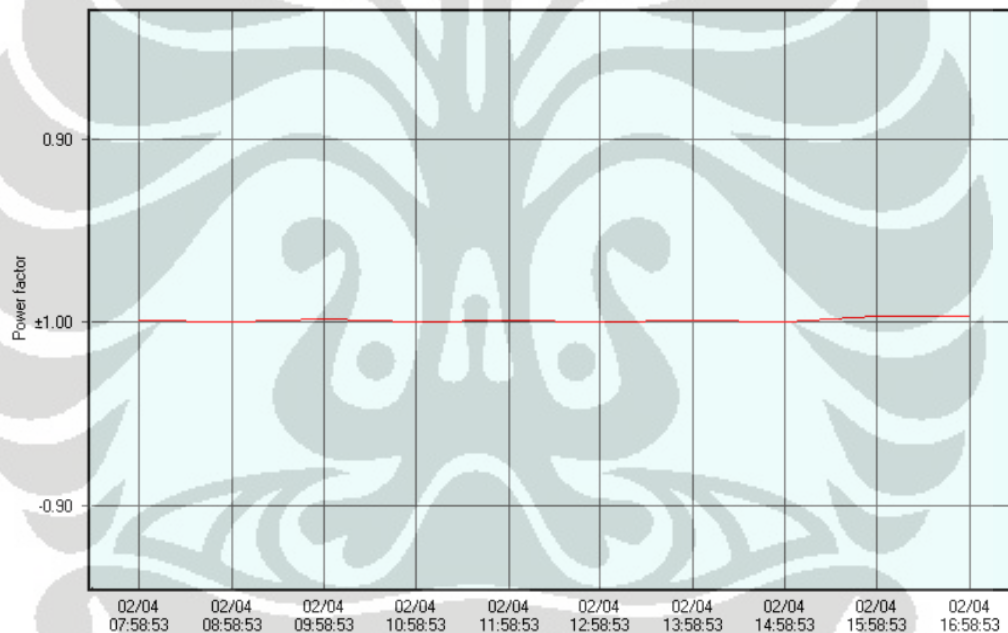
Panel	Tanggal		P(kW)	Q(kVAR)	S(kVA)
SDP LP-B	02-Apr-18	Maksimum	37.44	2.23	37.44
		Minimum	27.72	-0.27	27.79
		Rata-rata	34.61	0.95	34.64
SDP PP-B	03-Apr-18	Maksimum	13.53	-2.16	13.86
		Minimum	7.25	-3.29	7.59
		Rata-rata	11.23	-2.60	11.54
SDP PP-A	04-Apr-18	Maksimum	27.85	3.05	28.01
		Minimum	24.23	1.87	24.42
		Rata-rata	25.78	2.54	25.91
SDP LP-A	05-Apr-18	Maksimum	45.30	7.20	45.83
		Minimum	23.80	1.43	23.84
		Rata-rata	38.87	3.25	39.03
SDP IU AC	06-Apr-18	Maksimum	19.88	13.90	24.25
		Minimum	10.96	10.62	15.31
		Rata-rata	15.15	12.32	19.56
SDP IU AC-B	09-Apr-18	Maksimum	22.28	19.35	29.15
		Minimum	7.40	8.21	11.53
		Rata-rata	16.50	15.54	22.71
SDP IU AC-A	10-Apr-18	Maksimum	23.35	34.01	41.07
		Minimum	16.71	26.59	31.40
		Rata-rata	21.89	32.18	38.92

Dengan variasi beban yang berbeda-beda tiap panel didapatkan besaran nilai masing-masing daya yang berbeda-beda juga. Dapat dilihat pada item sistem pencahayaan dan item stop kontak, terlihat perbedaan antara daya semu dan daya aktif yang relatif sangat kecil sehingga menunjukkan juga pemakaian daya reaktif yang kecil dikarenakan tidak ada beban motor yang memerlukan daya untuk proses induksi. Tetapi hal tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa daya reaktif tidak digunakan pada item pembebanan tersebut. Pada SDP PP-A yang dimana contoh-contoh beban pada panel tersebut ialah alat-alat riset yang beberapa diantaranya memerlukan daya reaktif seperti *freezer -80* derajat celcius, sehingga pemakaian daya reaktif pada panel SDP PP-A lebih besar dari pada panel SDP PP-B.

Pada pembebanan sistem pendingin ruangan, daya reaktif sangat dibutuhkan untuk menggerakkan motor pada item pendingin ruangan yang bersistem FCU. Terdapat banyak motor yang bekerja pada kesatuan sistem FCU tersebut sehingga diperlukannya daya reaktif untuk beban induktif tersebut. Sistem FCU tersebut juga terbagi menjadi sistem yang dengan konstruksi 3 fasa dan 1 fasa sehingga mempengaruhi pemakaian daya pada tiap panel tersebut. Pada tabel diatas terlihat pemakaian daya reaktif terbesar berada pada SDP IU AC-A yang menggunakan daya aktif rata-rata sebesar 21.89 kW dan 32.18 kVAR.

4.6.2. Faktor daya

Berikut ini merupakan nilai faktor daya pada panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada hari Senin 2 April 2018.



Gambar 4.35 Grafik Faktor Daya SDP LP B (Senin 2 April 2018)

Dengan menyesuaikan parameter penelitian dengan standar yang ada , peneliti menetapkan untuk menyesuaikan dengan kesesuaian data dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral epublik Indonesia No 19 Tahun 2014 dimana batas daya minimal yang diperbolehkan ialah sebesar 0.85. Dari gambar 4. Terlihat nilai faktor daya pada panel SDP LP-B berada pada rentang +0.99 sampai dengan 1. Nilai faktor daya tersebut mendekati nilai satu disebabkan oleh daya reaktif yang dibutuhkan oleh sistem sedikit. Hal ini disebabkan pada panel SDP LP-

B didominasi oleh beban statis berupa lampu untuk sistem penerangan cahaya pada ruangan tersebut

Tabel 4.34 Data Faktor Daya SDP LP-B (Senin 2 April 2018)

Keterangan	SDP LP-B(Senin 2 April 2018)
Faktor Daya Maksimum	0.9999
Waktu Faktor Daya Maksimum	08:58:53
Faktor Daya Minimum	0.9978
Waktu Faktor Daya Minimum	16:58:53
Nilai Rata-rata Faktor Daya	0.9995

Dari tabel 4.34 Dipaparkannya nilai faktor daya baik nilai maksimum, minimum, dan rata-rata nilai faktor daya itu sendiri pada SDP LP-B. Pada pukul 08:59 faktor daya menempati posisi tertinggi saat kegiatan sivitas di pagi hari sudah dimulai. Sementara itu pada nilai minimum, faktor daya terjadi pada pukul 16.58 pada saat kegiatan sudah memasuki jam pulang kerja dan pada malam hari beberapa titik penerangan alami tidak mendapatkan penerangan sinar matahari lagi sehingga memerlukan tata pencahayaan seperti pada lorong-lorong utama gedung, lobby utama gedung, lampu penerangan pinggiran area gedung dan area lainnya. Serta pada saat jam tersebut terjadinya penonaktifan berbagai lampu secara bersamaan didalam gedung dikarenakan aktivitas sudah berakhir sehingga mempengaruhi nilai faktor daya yang ada diakhir rentang waktu tersebut. Penurunan nilai faktor daya yang tidak terlalu signifikan juga disebabkan oleh pada panel SDP LP-B tersebut yang bertanggung jawab atas sistem pencahayaan yang tidak terlalu memerlukan daya reaktif, sehingga daya reaktif yang ada sekalipun tidak mempengaruhi secara signifikan nilai faktor daya yang ada di panel SDP LP-B Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Tabel 4.35 Variasi Faktor Daya

Keterangan	SDP LP-B (Senin 2 April 2018)	SDP PP-B (Selasa 3 April 2018)	SDP PP-A (Rabu 4 April 2018)	SDP LP-A (Kamis 5 April 2018)	SDP IU AC (Jumat 6 April 2018)	SDP IU AC-B (Senin 9 April 2018)	SDP IU AC-A (Jumat 10 April 2018)
Faktor Daya Maksimum	0.9999	0.9552	0.9972	0.9986	0.8199	0.7646	0.5736
Waktu Faktor Daya Maksimum	08:58:53	16:48:01	14:58:33	11:59:28	07:59:18	12:59:51	13:58:42
Faktor Daya Minimum	0.9978	0.9868	0.9925	0.9870	0.7125	0.6201	0.5408
Waktu Faktor Daya Minimum	16:58:53	14:48:01	16:58:33	13:59:28	15:59:18	15:59:51	16:58:42
Nilai Rata-rata Faktor Daya	0.9995	0.9721	0.9951	0.9960	0.7706	0.7182	0.5616
Peraturan ESDM No19 tahun 2014	SESUAI	SESUAI	SESUAI	SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI

Pada tabel 4.35 Terpapar nilai keseluruhan nilai variasi faktor daya pada tiap-tiap panel yang memiliki tanggung jawab pembebanan yang berbeda-beda. Tabel tersebut berisi nilai faktor daya maksimum dan minimum serta waktunya masing-masing, nilai faktor daya rata-rata, serta kesesuaian nilai dengan standar yang digunakan. Dari keseluruhan panel nilai faktor daya maksimal berada pada panel SDP LP-B dengan besar 0.9998 nilai tersebut didapatkan karena pada panel tersebut tidak memiliki sistem pembebanan yang memerlukan daya reaktif yang besar sehingga nilai penurunan faktor daya tidak terlalu terjadi pada panel tersebut. Kondisi yang sama juga ditemukan pada SDP LP-A yang memiliki baik nilai maksimum, minimum, dan nilai rata-rata faktor daya. Nilai yang dimiliki pada SDP LP-A tidak berbeda jauh dengan SDP LP-B yang sama-sama memiliki tanggung jawab yang sama yaitu pada sistem pencahayaan. Pada panel SDP PP-A dan SDP PP-B memiliki tanggung jawab yang sama dalam sistem pembebanan stop kontak pada gedung tersebut. Faktor daya jika dibandingkan dengan sistem pembebanan cahaya, sistem pembebanan stop kontak memiliki beban seperti perangkat komputer khususnya pada gedung sisi tower A dan memiliki perangkat pendingin untuk kegiatan riset khususnya pada gedung sisi tower B. Sehingga daya reaktif yang dibutuhkan pada kedua panel tersebut mempengaruhi besarnya faktor daya, semakin kecil faktor daya yang ada maka kebutuhan daya reaktif semakin besar. Disisi lainnya pada panel yang bertanggung jawab atas pembebanan pendingin ruangan, mayoritas memiliki nilai faktor daya yang sangat jauh dibawah standar sehingga nilai minimum faktor daya jika dibandingkan dari seluruh panel tersebut berada pada panel SDP IU AC-A yang bertanggung jawab atas sistem pembebanan pendingin ruangan yang berada dipusat riset. Pusat riset tersebut memiliki prioritas utama dalam hal kestabilan suhu suatu ruangan karena menyimpan berbagai hasil sampling penelitian sehingga besarnya daya reaktif yang dibutuhkan setiap waktunya pada sistem pendingin ruangan tersebut menjadi tinggi. Sehingga menyebabkan turunnya faktor daya hingga mencapai titik terendah sebesar 0.5408. makadari itu, nilai faktor daya panel item sistem pendingin ruangan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Tetapi dikarenakan sudah terpasangnya bank kapasitor secara global pada sistem kelistrikan pada gedung IMERI maka, tidak diperlukannya lagi mitigasi tambahan untuk permasalahan tersebut.

4.7 Hasil Perbandingan Semua Parameter Dengan Standar Acuan

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perbandingan parameter-parameter kualitas daya listrik dengan standar yang telah ditentukan.

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item sistem pencahayaan tower B (SDP LP-B).

Tabel 4.36 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada panel SDP LP-B

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	225.27-234.17 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Tidak Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.5 - 0.85 %	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.38-50.25Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Tidak Sesuai
Faktor Daya	0.99	PERMEN	≥0,85	Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 3.59% IHD _v :2.99%	IEEE 519-1992	THD:5% IHD:3%	Sesuai
TDD	42.5%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 3 44.72%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item stop kontak tower B (SDP PP-B).

Tabel 4.37 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada panel SDP PP-B

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	224.83-231.97 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Tidak Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.26-0.71 %	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.76-50.16 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.97	PERMEN	$\geq 0,85$	Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.37% IHD _v : 1.82%	IEEE 519-1992	THD: 5% IHD: 3%	Sesuai
TDD	27.4%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 3 42.15%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item stop kontak tower A (SDP PP-A).

Tabel 4.38 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada panel SDP PP-A

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	223.68-231.87 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Tidak Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.42-0.83%	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.75-50.17 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.99	PERMEN	$\geq 0,85$	Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.32% IHD _v : 1.84%	IEEE 519-1992	THD: 5% IHD: 3%	Sesuai
TDD	13.9%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 5 15.96%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item sistem pencahayaan tower A (SDP LP-A)

Tabel 4.39 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada panel SDP LP-A

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	225.22-232.03 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.26-0.51%	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.74-50.21 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.99	PERMEN	$\geq 0,85$	Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.25% IHD _v :1.75%	IEEE 519-1992	THD:5% IHD:3%	Sesuai
TDD	44.3%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 3 64.44%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item sistem pendingin ruangan lantai B2- lantai 5 di kedua Tower A dan B (SDP IU AC).

Tabel 4.40 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada panel SDP IU AC

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	220-228.74 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.16-0.38%	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.75-50.22 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.77	PERMEN	$\geq 0,85$	Tidak Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.19% IHD _v :1.52%	IEEE 519-1992	THD:5% IHD:3%	Sesuai
TDD	32.4%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 5 29.79%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item sistem pendingin ruangan lantai B (SDP PP-B).

Tabel 4.41 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP IU AC-B

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	222.09-233.50 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Tidak Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.09-0.40%	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.85-50.20 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.71	PERMEN	$\geq 0,85$	Tidak Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.71% IHD _v :1.53%	IEEE 519-1992	THD:5% IHD:3%	Sesuai
TDD	24.2%	IEEE 519-1992	8%	Tidak Sesuai
IHD _i	Orde 5 24.60%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Tidak Sesuai

Pengukuran dilakukan selama 9 Jam dimulai pukul 08.00 – 17.00 pada panel item sistem pendingin ruangan tower B (SDP PP-B)

Tabel 4.42 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Parameter Kualitas Daya Listrik dengan Standar Acuan pada SDP IU AC-A

Parameter	Hasil	Standar Acuan		Kesesuaian
		Nama Standar	Nilai Acuan	
Variasi Nilai Tegangan	219.99-227.59 V	SPLN 1 1995	198 - 231 V	Sesuai
Faktor Ketidakseimbangan Tegangan	0.23-0.52%	NEMA	1%	Sesuai
Frekuensi	49.74-50.16 Hz	SPLN 1995	49,5-50,5 Hz	Sesuai
Faktor Daya	0.56	PERMEN	$\geq 0,85$	Tidak Sesuai
THD _v dan IHD _v	THD _v : 2.28% IHD _v : 1.10%	IEEE 519-1992	THD: 5% IHD: 3%	Sesuai
TDD	4.70%	IEEE 519-1992	8%	Sesuai
IHD _i	Orde 5 3.67%	IEEE 519-1992	Orde 3,5,7 7%	Sesuai

BAB 5

KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data serta analisis parameter-parameter kualitas daya pada beberapa panel *Sub Distribution Panel* Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia didapatkan kesimpulan berikut:

1. Kualitas daya listrik pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sisi tower A yang merupakan pusat riset di bidang medis memiliki kualitas daya yang sudah baik terkecuali pada nilai TDD dan IHDi pada orde ketiga dan kelima pada panel item stop kontak dan sistem penerangan.
2. Kualitas daya listrik pada gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia sisi tower B yang merupakan pusat edukasi di bidang medis tidak memiliki kesesuaian dengan standar untuk nilai TDD dan IHDi pada orde ketiga dan kelima.
3. Nilai IHDi pada panel item penerangan yaitu SDP LP-B dan SDP LP-A memiliki nilai masing-masing sebesar 44.72 % pada orde ketiga dan 64.44% pada orde kelima. Nilai IHDi pada panel item stop kontak yaitu SDP PP-B dan SDP PP-A memiliki nilai masing-masing sebesar 42.15% pada orde ketiga serta 15.96% pada orde kelima. Nilai IHDi pada item sistem pendingin ruangan yaitu SDP IU AC, SDP IU AC-B, dan SDP IU AC-A masing-masing sebesar 29.76%, 24.60%, dan 3.67% yang seluruhnya berada pada orde kelima.
4. Nilai frekuensi terendah hanya berada pada panel item sistem penerangan pada panel SDP LP-B yang memiliki frekuensi batas bawah sebesar 49.38 Hz dimana tidak sesuai dengan standar SPLN 1995 tetapi masih masuk kepada rentang nilai toleransi sebesar 1% (standar) + 0.2 % (toleransi) dengan demikian, nilai frekuensi tersebut tidak akan merusak sistem pembebanan pencahayaan.
5. Nilai faktor daya terendah berada pada panel item sistem pendingin ruangan sebesar 0.56 yang dimana sudah dikompensasi oleh bank kapasitor secara *global* sehingga tidak diperlukannya mitigasi khusus lainnya.

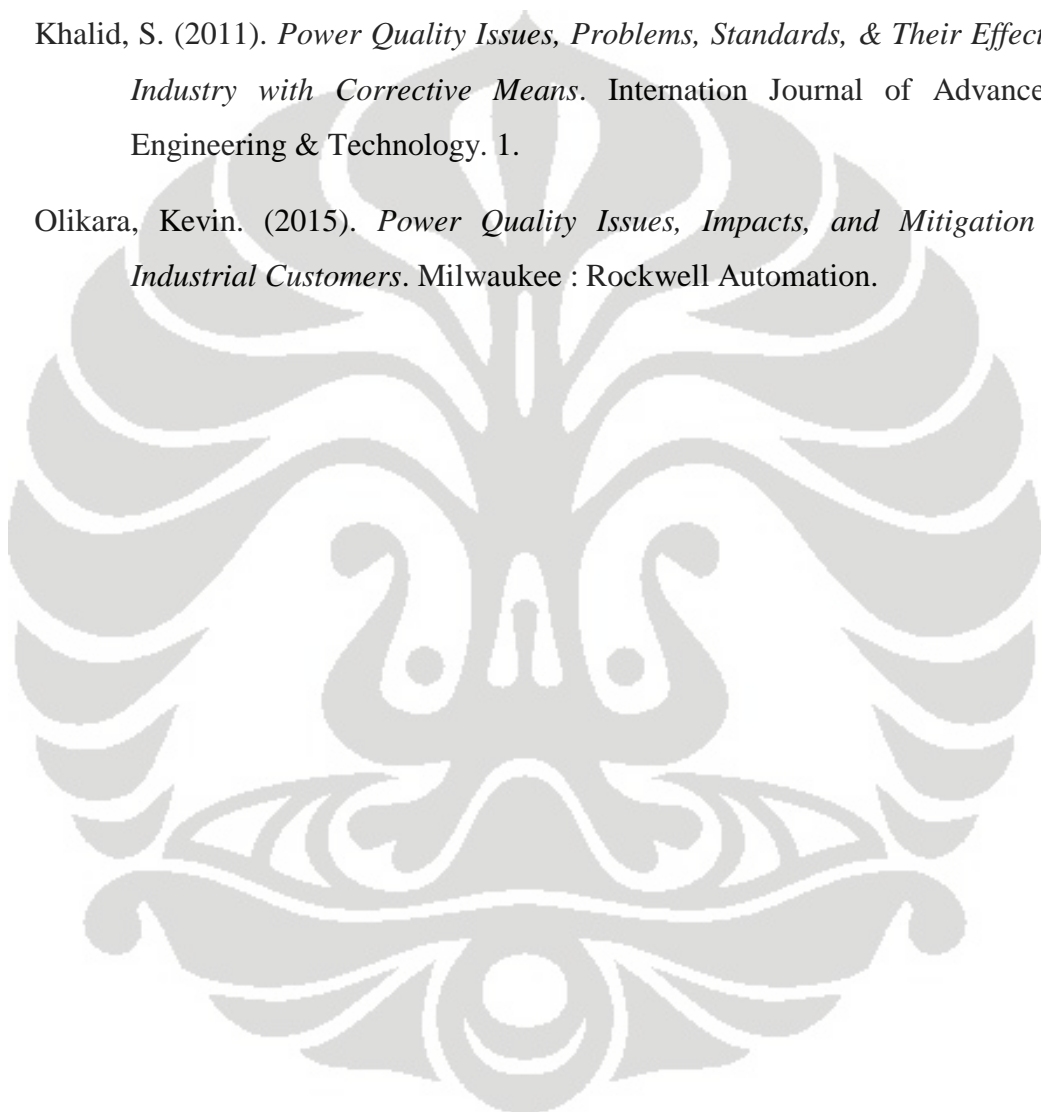
DAFTAR ACUAN

- [1] R. C. Dugan, Electrical Power Systems Quality, The McGraw – Hill, 2004.
- [2] A. de Almeida, L. Moreira, and J. Delgado. (2012) International Power Quality Discussion Forum. [Online]. <https://www.ipqdf.com> ?
- [3] PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, “Mutu Produk Menuju World Class Service,” PT.PLN, Jawa Timur, 2013.
- [4] Ward, D. J. (1995). IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances. IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances, 2, 1-40. doi:10.1109/ieeestd.1995.122634
- [5] E. Normanyo, “Mitigation of Harmonic in Three Phase, Four-Wires Distribution System Using a System of Shunt Passive Filter,” International Journal of Engineering and Technology, vol. 2, p.5, 2012.
- [6] M. Bollen,. Pascataway,USA, 2000.
- [7] C. Sankaran, Power Quality. Boca Raton: CRC Press I.I.C, 2002.
- [8] IEEE 519-1992, Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.
- [9] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, “Peraturan No 19 Tahun 2014 Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia,” Jakarta 2014
- [10] NEMA (National Equipment Manufacture’s Association) MG-1-1998
- [11] E Gunther, "Harmonic and Interharmonic Measurement According to IEEE 519 and IEC 61000-4-7," , Dallas, 2006

- [12] Tony Hoevenaars P.Eng, Kurt LeDoux P.E, and Matt Colosino, "Standar for Harmonics," Interpreting IEEE Std 519 and Meeting its Harmonic Limits in VFD Applications, p. 1, 2003.
- [13] Aris Pramnamto. (2016, April) Library
UI.[Online].<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/126732-R0308151-Analisis%20penggunaan-Literatur.pdf> ?
- [14] A. Pardina Carrera and F. Javier Arcega Solsona, "Study of Harmonics Thermal Effect in Conductor Produced by Skin Effect," vol. 12, no. 8, 2014.
- [15] SPLN D5.002 2008
- [16] SPLN 1 1995
- [17] Muhammad Rizal. (2018, Mei)
[Online].<http://muhammadrizal22.blogspot.co.id/2012/04/faktor-daya.html>

DAFTAR PUSTAKA

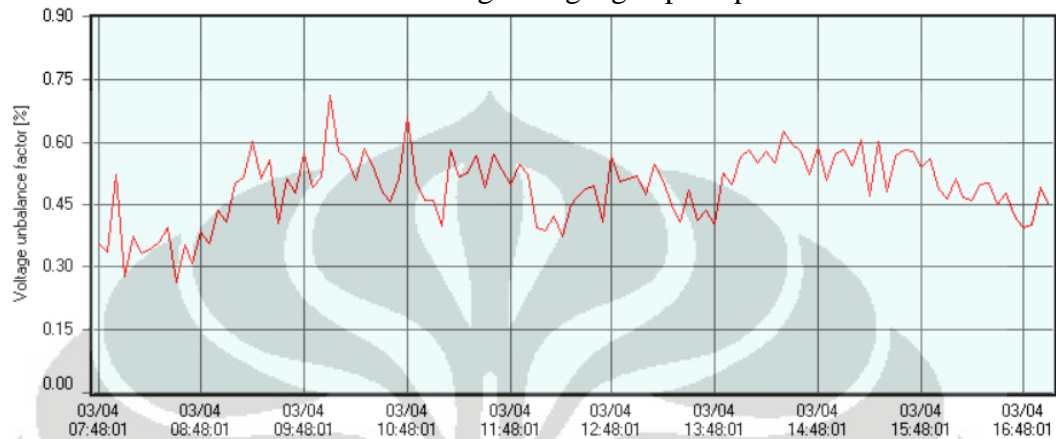
- C. Sankaran. (2002). *Power Quality*. Boca Raton : CRC Press.
- Dugan, Roger C. (2004). *Electrical Power System Quality*. New York : The McGraw – Hill.
- Khalid, S. (2011). *Power Quality Issues, Problems, Standards, & Their Effects in Industry with Corrective Means*. Internation Journal of Advance in Engineering & Technology. 1.
- Olikara, Kevin. (2015). *Power Quality Issues, Impacts, and Mitigation for Industrial Customers*. Milwaukee : Rockwell Automation.



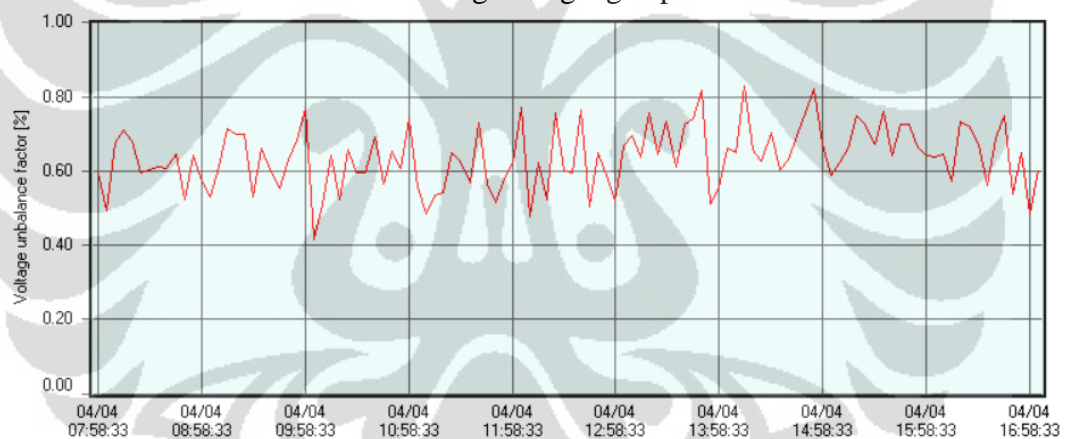
LAMPIRAN

A. Gambar Ketidakseimbangan Tegangan Tiap Panel

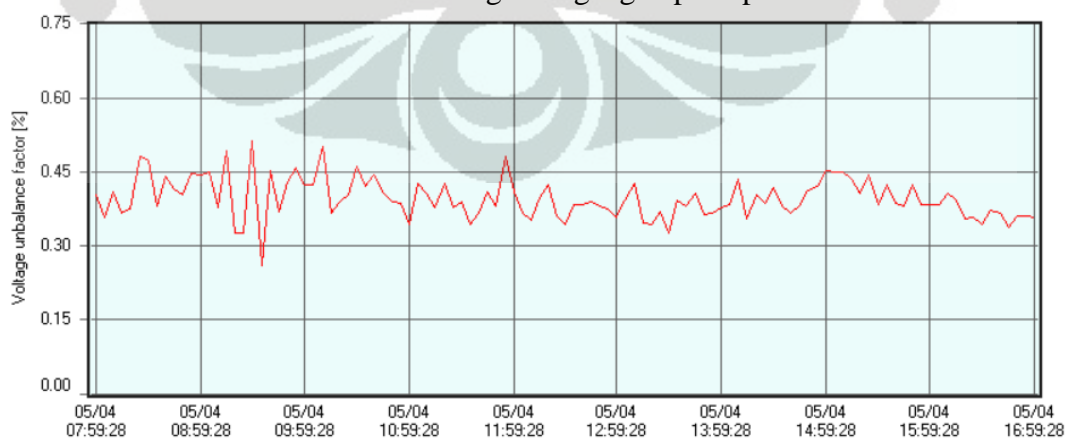
Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP PP-B



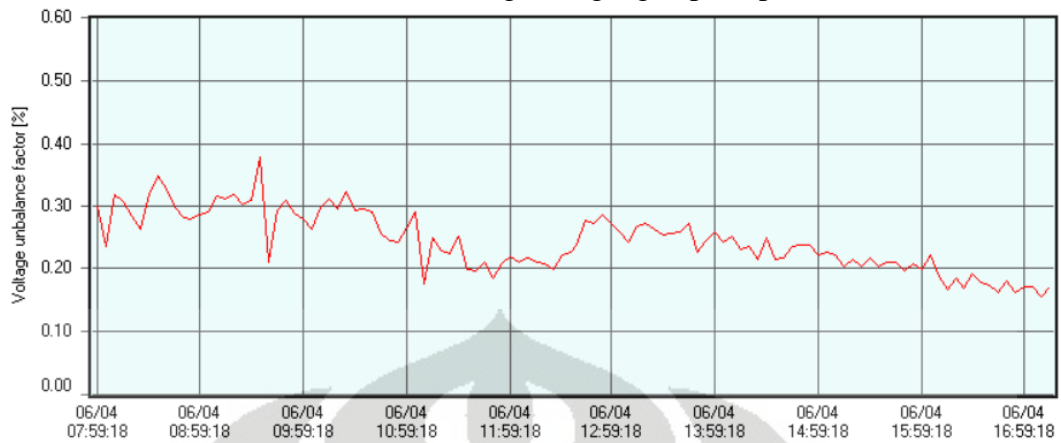
Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada Panel SDPP PP-A



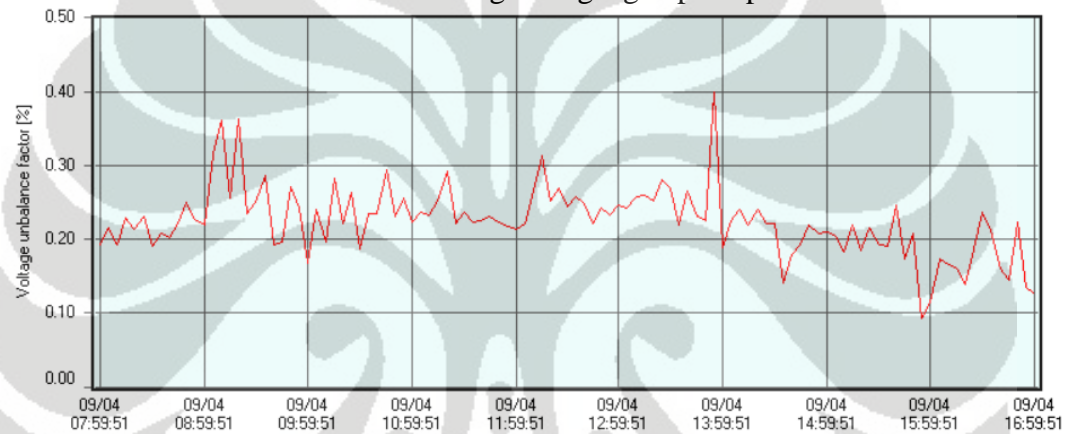
Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP LP-A



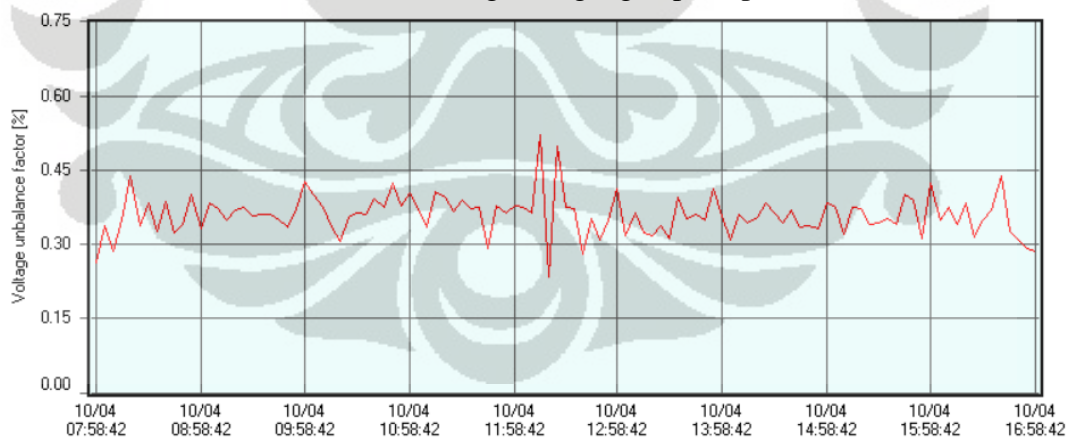
Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP IU AC



Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP IU AC-B



Gambar Ketidakseimbangan Tegangan pada panel SDP IU AC-A



B. Tabel THDv dari hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018

Tabel THDv Selasa 3 April 2018 pada SDP PP-B

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.58	10:00:00	2.18	10:00:00	2.47	09:00:00
	Rata-rata	2.40		2.05		2.42	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.40	14:00:00	2.22	13:00:00	2.45	10:00:00
	Rata-rata	2.38		2.17		2.43	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	2.42	15:00:00	2.22	15:00:00	2.44	14:00:00
	Rata-rata	2.15		1.79		2.15	

Tabel THDv Rabu 4 April 2018 pada SDP PP-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.34	10:00:00	2.22	10:00:00	2.64	10:00:00
	Rata-rata	2.23		2.14		2.54	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.29	12:00:00	2.16	14:00:00	2.51	11:00:00
	Rata-rata	2.26		2.10		2.46	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	2.23	14:00:00	2.18	15:00:00	2.50	15:00:00
	Rata-rata	1.97		1.81		2.18	

Tabel THDv Kamis 5 April 2018 pada SDP LP-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.20	11:00:00	2.02	09:00:00	2.26	09:00:00
	Rata-rata	2.10		1.98		2.23	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.25	13:00:00	2.16	14:00:00	2.29	13:00:00
	Rata-rata	2.22		2.04		2.23	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	2.21	14:00:00	2.16	14:00:00	2.20	14:00:00
	Rata-rata	1.84		1.55		1.79	

Tabel THDv Jumat 6 April 2018 pada SDP IU AC

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.26	11:00:00	2.27	10:00:00	2.51	10:00:00
	Rata-rata	2.16		2.23		2.45	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.26	11:00:00	2.20	11:00:00	2.46	11:00:00
	Rata-rata	1.99		2.04		2.29	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	1.86	14:00:00	2.00	14:00:00	2.18	15:00:00
	Rata-rata	1.77		1.91		2.10	

Tabel THDv Senin 9 April 2018 pada SDP IU AC-B

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.75	11:00:00	2.76	08:00:00	2.93	08:00:00
	Rata-rata	2.56		2.60		2.85	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.75	11:00:00	2.74	13:00:00	3.08	13:00:00
	Rata-rata	2.62		2.61		2.93	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	2.49	14:00:00	2.48	14:00:00	2.81	14:00:00
	Rata-rata	2.17		2.16		2.51	

Tabel THD v Selasa 10 April 2018 pada SDP IU AC-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Voltage (THDv)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	2.36	11:00:00	2.31	11:00:00	2.61	11:00:00
	Rata-rata	2.20		2.22		2.47	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	2.36	11:00:00	2.31	13:00:00	2.61	13:00:00
	Rata-rata	2.04		2.07		2.36	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	2.31	15:00:00	2.41	15:00:00	2.59	15:00:00
	Rata-rata	2.14		2.22		2.44	

C. Tabel THDi dari hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018

Tabel THDi Selasa 3 April 2018 pada SDP PP-B

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	49.24	10:59:01	26.03	10:59:01	45.52	08:59:01
	Rata-rata	44.33		22.61		41.30	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	49.24	10:59:01	26.03	10:59:01	45.92	12:59:01
	Rata-rata	45.30		21.98		42.92	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	50.49	15:59:01	19.21	14:59:01	44.62	15:59:01
	Rata-rata	48.61		17.80		34.62	

Tabel THDi Rabu 4 April 2018 pada SDP PP-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	19.31	10:00:33	16.91	08:00:33	22.95	11:00:33
	Rata-rata	18.93		16.44		21.62	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	19.73	12:00:33	17.54	10:59:01	23.51	12:00:33
	Rata-rata	18.72		16.33		23.05	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	18.62	15:00:33	21.08	15:00:33	26.30	17:00:33
	Rata-rata	18.38		18.62		24.12	

Tabel THDi Kamis 5 April 2018 pada SDP LP-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	84.82	08:00:28	64.24	08:00:28	63.05	08:00:28
	Rata-rata	83.68		61.80		62.52	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	84.38	11:00:28	63.20	12:00:28	62.96	11:00:28
	Rata-rata	75.32		61.74		61.49	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	84.15	15:00:28	61.09	14:00:28	61.37	14:00:28
	Rata-rata	78.05		56.11		58.92	

Tabel THDi Jumat 6 April 2018 pada SDP IU AC

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	35.56	09:00:18	37.21	09:00:18	35.56	09:00:18
	Rata-rata	35.73		36.66		35.70	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	35.41	11:00:28	36.11	11:00:28	34.70	11:00:28
	Rata-rata	31.17		32.42		31.47	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	30.06	14:00:18	31.41	14:00:28	30.35	14:00:28
	Rata-rata	27.03		28.14		27.61	

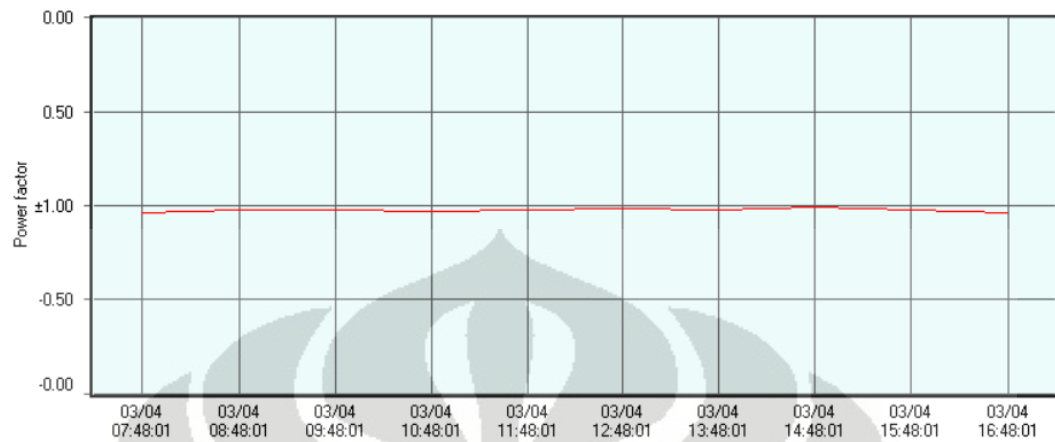
Tabel THDi Senin 9 April 2018 pada SDP IU AC-B

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	34.93	07:59:51	34.98	07:59:51	34.19	07:59:51
	Rata-rata	31.08		30.86		29.81	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	30.92	12:59:51	30.50	12:59:51	29.17	12:59:51
	Rata-rata	28.78		28.46		27.27	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	30.99	16:59:51	30.72	16:59:51	28.19	16:59:51
	Rata-rata	23.08		23.67		21.87	

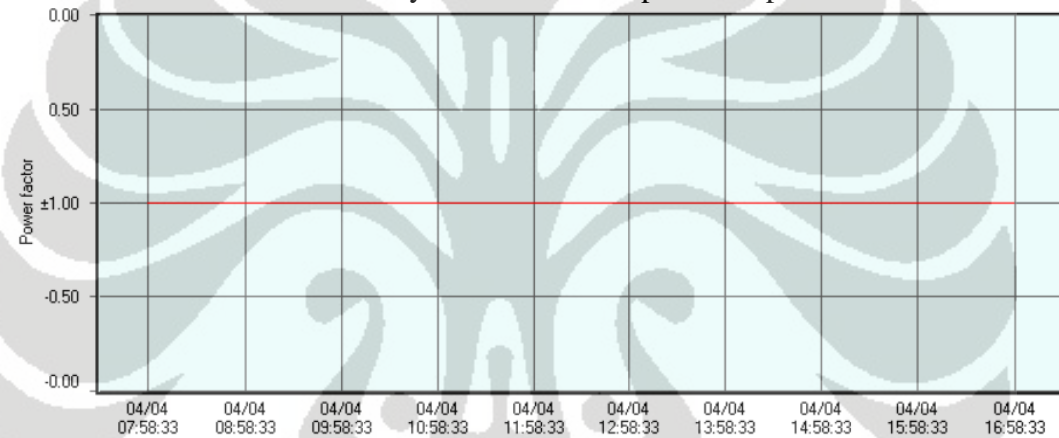
Tabel THDi Selasa 10 April 2018 pada SDP IU AC-A

Durasi	Parameter	Total Harmonic Distortion Current (THDi)					
		Fasa R (%)	Waktu	Fasa S (%)	Waktu	Fasa T (%)	Waktu
08:00-11:00	Nilai Maksimum	4.86	10:58:42	4.87	10:58:42	5.06	10:58:42
	Rata-rata	4.50		4.57		4.66	
11:00-14:00	Nilai Maksimum	4.86	10:58:42	4.87	10:58:42	5.06	10:58:42
	Rata-rata	4.42		4.49		4.64	
14:00-17:00	Nilai Maksimum	4.60	16:58:42	4.62	13:58:42	4.80	15:58:42
	Rata-rata	4.45		4.44		4.71	

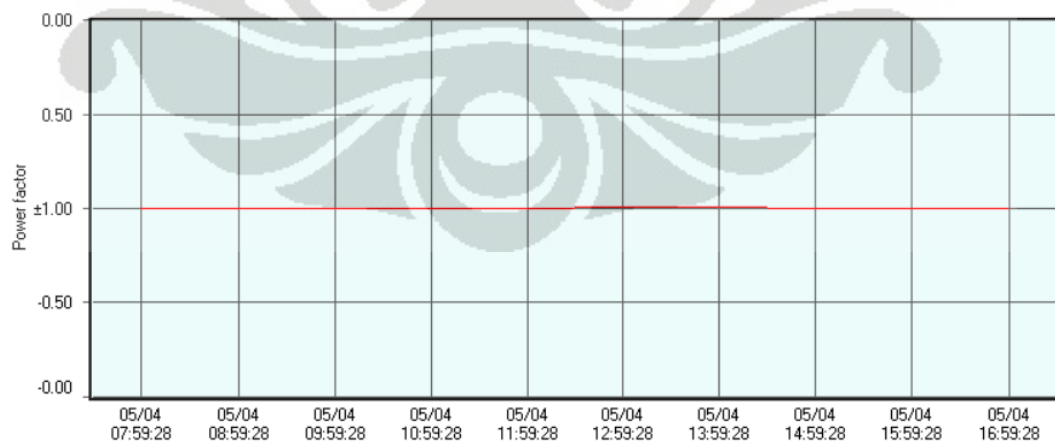
D. Grafik faktor daya dari hari Selasa 3 April 2018 sampai dengan hari Selasa 10 April 2018



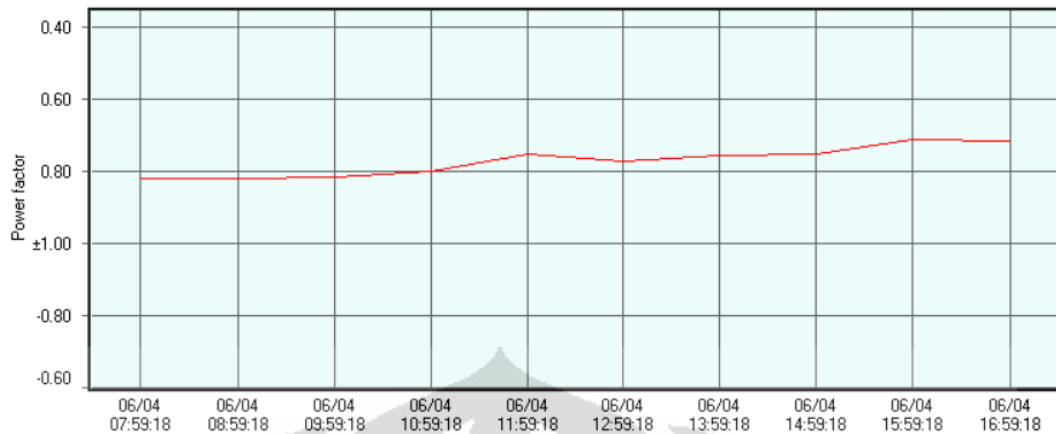
Grafik faktor daya hari Selasa 3 April 2018 pada SDP PP-B



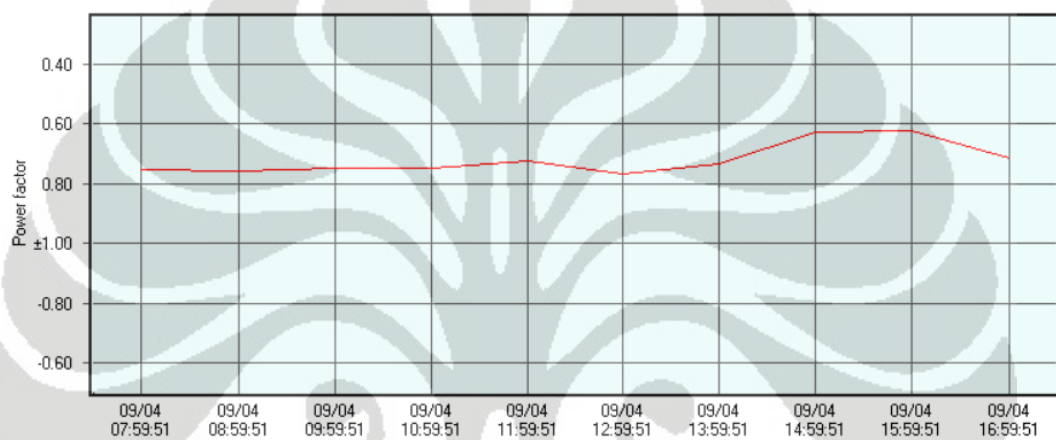
Grafik faktor daya hari Rabu 4 April 2018 pada SDP PP-A



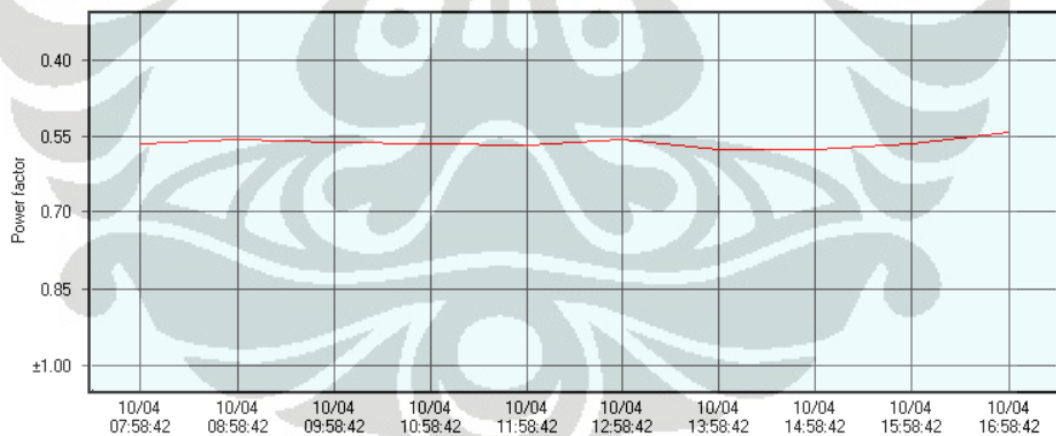
Grafik faktor daya hari Kamis 5 April 2018 pada SDP LP-A



Grafik faktor daya hari Jumat 6 April 2018 pada SDP IU AC



Grafik faktor daya hari Senin 9 April 2018 pada SDP IU AC-B



Grafik faktor daya hari Selasa 10 April 2018 pada SDP IU AC-A

E. Jadwal Kegiatan pada Tower B Hari Selasa 3 April 2018

No	Lantai	Ruangan	Kegiatan	Durasi
1	Lantai 1B	Medical Museum	Kegiatan Eksibisi dan Edukasi	08.00 - 16.00
2	Lantai 3B	Auditorium 1	Seleksi Calon Program Pendidikan Dokter Spesialis FKUI	08.00 - 17.30
3	Lantai 3B	Auditorium 2	Seleksi Calon Program Pendidikan Dokter Spesialis FKUI	08.00 - 17.30
4	Lantai 3B	Auditorium 3	Seleksi Calon Program Pendidikan Dokter Spesialis FKUI	08.00 - 17.30
5	Lantai 5B	Labkom 1	Remedial Metologi	08.00 - 10.00
6	Lantai 5B	Labkom 2	-	-
7	Lantai 6B	Teaching Theater	Ujian Promosi S3	08.00 - 13.00
8	Lantai 7B	Class room 1	Perkuliahan seminar Prog Ilmu Biomedik FKUI	08.00 - 12.00
9	Lantai 7B	Class room 1	Ice on	13.00 - 16.00
10	Lantai 7B	Class room 2	-	-
11	Lantai 7B	Class room 3	Seleksi Calon Program Pendidikan Dokter Spesialis	07.00 - 17.30
12	Lantai 7B	Discussion Room 1	Filsafat Ilmu Biomedik	08.00 - 13.00
13	Lantai 7B	Discussion Room 1	Pertemuan dengan Faculty Medicine of Hiroshima University	13.30 - 15.30
14	Lantai 7B	Discussion Room 2	Ujian Promosi S3	08.00 - 16.00
15	Lantai 7B	Discussion Room 3	Ujian Promosi S3	08.00 - 16.00
16	Lantai 7B	Discussion Room 4	Rapat Womens Health Expo	10.00 - 12.00
17	Lantai 7B	Discussion Room 4	Rapat yudisium profesi dan pendidikan dokter	13.00 - 15.00
18	Lantai 7B	Discussion Room 5	Persiapan Akreditasi Prodi S3	08.00 - 16.00
19	Lantai 7B	Discussion Room 6	-	-
20	Lantai 11B	Meeting Room	Progres report penelitian prodi magister pendidikan dokter	08.00 - 12.00
21	Lantai 11B	Meeting Room	Progres report peserta program S3 pendidikan dokter	13.00 - 15.00
22	Lantai 12B	E. Meeting Room 1	Perwsiapan akreditasi prodi S3 Kedokteran	08.00 - 16.00
23	Lantai 12B	E. Meeting Room 2	Perwsiapan akreditasi prodi S3 Kedokteran	08.00 - 16.00
24	Lantai 12B	E. Meeting Room 3	Perwsiapan akreditasi prodi S3 Kedokteran	08.00 - 16.00
25	Lantai 12B	E. Meeting Room 4	Perwsiapan akreditasi prodi S3 Kedokteran	08.00 - 16.00

F. Jadwal Kegiatan pada Tower A Hari Rabu 4 April 2018

No	Lantai	Ruangan	Kegiatan	Durasi
1	Lantai 1A	Animal Research Facilities	Laboratorium dan praktikum	08.00 - 16.00
2	Lantai 2A	Human Genetic Research Center	Kegiatan laboratorium	08.00 - 16.00
3	Lantai 2A	Human Cancer Research Center	Kegiatan praktikum HCRC	08.00 - 13.00
4	Lantai 5A	Human Reproductive, Infertility and Family Planning Research Center	Penyimpanan sample dan kegiatan kantor	08.00 - 16.00
5	Lantai 5A	Metabolic Disorder and Vascular Aging Research Center	Penyimpanan sample dan kegiatan kantor	08.00 - 13.00
6	Lantai 6A	Center for Sports and Exercise Studies	Program kesehatan gym dan konsultasi kesehatan	08.00 - 16.00
7	Lantai 7A	Molecular Biology and Proteomics Core Facilities	Penyimpanan sample, kegiatan laboratorium, kegiatan konsul serta kegiatan analisis pada sample	08.00 - 16.00
8	Lantai 8A	Stem Cells and Tissue Engineering Research Center	Penyimpanan sample dan kegiatan laboratorium	08.00 - 16.00
9	Lantai 9A	Neuroscience and Brain Development Research Center	Penyimpanan sample, kegiatan laboratorium, serta management office	08.00 - 16.00
10	Lantai 10A	Human Nutrition Research Center	Mikrobiota, penyimpanan sample, dan kegiatan analisis sample	08.00 - 16.00
11	Lantai 11A	Occupational and Environmental Health Research Center	Kegiatan analisis sample dan kegiatan laboratorium	08.00 - 16.00
12	Lantai 11A	Drug Development Research Center	Kegiatan analisis sample dan kegiatan laboratorium	08.00 - 16.00
13	Lantai 11A	Clinical Research Supporting Unit	Kegiatan analisis sample dan kegiatan laboratorium	08.00 - 16.00
14	Lantai 12A	Infectious Disease and Immunology Research Center	Kegiatan analisis sample, kegiatan penyimpanan sample, dan kegiatan praktikum	08.00 - 16.00

G. Data Beban Gedung IMERI Fakultas Kedokteran Universitas Indoneisa

CODE EQUIPMENT	Name of Equipment	Electric Consumption (Watt)			
		Estimate Watt	Amp	Qty Equipment	Total (KVA)
	1st FLOOR				
	MEDICAL MUSEUM				
	Manager on Duty				
MM-MD.1-01	Computer	90	0.5	1	0.1
MM-MD.1-02	Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
MM-MD.1-03	Portable audio system	100	0.6	1	0.1
	Reception				
MM-RCT.1-01	Computer + Software POS	90	0.5	1	0.1
MM-RCT.1-02	POS Receipt Printer	77	0.4	1	0.1
MM-RCT.1-03	UPS	325	1.8	1	0.4
	Temporary Exhibition				
MM-TEX.1-01	Smart TV 55" with HDMI, VGA cable and Bracket	200	1.1	1	0.3
	Collection of Medical Specimens				
MM-CMS.1-01	Computer Touch Screen (21")	90	0.5	10	1.1
	Medical Education journey/Health Education				
MM-MEJ.1-01	Computer Touch Screen (21")	90	0.5	12	1.4
MM-MEJ.1-02	Blu Ray DVD Player	10	0.1	1	0.0
MM-MEJ.1-03	Smart TV 55" with HDMI, VGA cable and Bracket	200	1.1	1	0.3
MM-MEJ.1-04	Visitor Counting (IN & OUT)	10	0.1	1	0.0
MM-MEJ.1-05	Interactive Display	200	1.1	1	0.3
	Souvenir Shop				
MM-SS.1-01	Computer + Software POS	90	0.5	1	0.1
MM-SS.1-02	POS Receipt Printer	77	0.4	1	0.1
	Edutainment Area				
MM-EA.1-01	Computer Touch Screen (21")	90	0.5	2	0.2
	Others				
MM-OTH.1-01	Digital Camera + tripod	✓	✓	1	
MM-OTH.1-02	Handycam	✓	✓	1	
MM-OTH.1-03	Handy Tally	✓	✓	3	

ANIMAL	GOI-1		Watt	Amp	Qty	KVA
Supply Room	ARF.2 - 13	Non-Invasive Blood Pressure Measurement for Animals	500	2.8	1	0.6
Bio Imaging Room	ARF.2-05	Bioimaging System for Animals	6,000	34.1	1	7.5
Procedure Room	ARF.2 - 09	Treadmill for Rodents	350	2.0	1	0.4
	ARF.2 - 12	Ice Maker	672	3.8	1	0.8
	ARF.2 - 15	Rabbit Restraint	120	0.7	1	0.2
Surgery	ARF.2 - 03	Anesthesia System for Animals	500	2.8	1	0.6
	ARF.2 - 16	Surgery Table for Rodents	200	1.1	2	0.5
	ARF.2 - 18	Surgical Light	550	3.1	1	0.7
Staff room (cabinets)	ARF.2 - 17	Surgical Kit Deluxe Major Set	200	1.1	4	1.0
Preparation Room 1	ARF.2 - 06	Centrifuge, Refrigerated Microcentrifuge	320	1.8	1	0.4
Preparation Room 2	ARF.2 - 19	Pipette (0.2 - 1000uL)		-	1	-
Dirty cage wash	ARF.2 - 02	Autoclave	2,000	11.4	1	2.5
	ARF.2 - 11	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
Necropsy Room	ARF.2 - 01	Animal Weighing scale	330	1.9	1	0.4
	ARF.2 - 04	Animal Decapitator for Rodents	500	2.8	1	0.6
	ARF.2 - 07	CO2 Euthanasia equipment		-	1	-
	ARF.2 - 14	Orbital Shaker	100	0.6	1	0.1
Animal Room 3	ARF.2 - 08	Cage Set for Mice	80	0.45	1	0.1
Animal Room 4	ARF.2 - 10	Cage Set for Rats	80	0.45	1	0.1
Sub Total					23	17

2nd FLOOR	Watt	Amp	Qty	KVA
Library & Research				
MM-LR.2-01 Note Book	77	0.4	1	0.1
MM-LR.2-02 LCD Projector mobile	218	1.2	1	0.3
MM-LR.2-03 Screen	200	1.1	1	0.3
Manager Room-1				
MM-MR1.2-01 Computer	90	0.5	1	0.1
MM-MR1.2-02 Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
Staff Room				
MM-SR.2-01 Computer	90	0.5	10	1.1
MM-SR.2-02 Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
Secretary Room				
MM-SR.2-01 Computer	90	0.5	1	0.1
MM-SR.2-02 Printer Scanner & Copy A3	77	0.4	1	0.1
MM-SR.2-03 Fax Machine	250	1.4	1	0.3
Manager Room-2				
MM-MR2.2-01 Computer	90	0.5	1	0.1
MM-MR2.2-02 Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
Director Room				
MM-DR.2-01 Computer	90	0.5	1	0.1
MM-DR.2-02 Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
GENERAL OFFICE				
Building Management Office				
General Office Staff				
GO-BM02-01 Computer	90	0.5	10	1.1
GO-BM02-02 LaserJet Printer B/W (network)	100	0.6	1	0.1
GO-BM02-03 Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
GO-BM02-04 Fax Machine	250	1.4	1	0.3

L3 (3rd Floor)					
HUMAN CANCER	GOI-1		Watt	Amp	Qty KVA
HC LAB & Histology Lab	HCRC 3 -02	Autoclave	1,600	9.1	1 2.0
	HCRC 3 -03	Cold Plate	1,200	6.8	1 1.5
	HCRC 3 -07	Paraffin Waterbath	400	2.3	1 0.5
	HCRC 3 -11	Fume Hood	350	2.0	1 0.4
	HCRC 3 -13	Slide Warmer	400	2.3	1 0.5
	HCRC 3 -15	Microscope, Binocular Light	1,000	5.7	1 1.3
	HCRC 3 -16	Microtome	-	-	1 -
	HCRC 3 -17	Microtome cryostat	680	3.9	1 0.9
	HCRC 3 -18	Oven	1,250	7.1	1 1.6
	HCRC 3 -21	Pressure Cooker, Programmable Digital	1,000	5.7	1 1.3
	HCRC 3 -22	pH Meter, Digital	-	-	1 -
	HCRC 3 -24	Stirring Hotplate	660	3.8	1 0.8
	HCRC 3 -25	Tissue and cell Homogenizer	150	0.9	1 0.2
	HCRC 3 -27	Tissue Microarrayer	-	-	1 -
	Storage Room	HCRC 3 -09	Freezer -20°C	500	2.8
Tissue Base Molecular Pat	HCRC 3 -14	Laser Microdissection	1,000	5.7	1 1.3
Culture Lab	HCRC 3 -04	Centrifuge, Refrigerated (fix and swing Rotor)	1,650	9.4	1 2.1
	HCRC 3 -05	Centrifuge, Refrigerated Microcentrifuge	320	1.8	1 0.4
	HCRC 3 -06	Centrifuge, Mini	10	0.1	1 0.0
Anne Room	HCRC 3 -20	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	4 -
	HCRC 3 -12	Freezer -150°C	5,080	28.8	1 6.3
Pre PCR Room	HCRC 3 -01	Analytical Balance	50	0.3	1 0.1
	HCRC 3 -08	Cooling & Heating Block with Shaker	60	0.3	1 0.1
	HCRC 3 -10	Freezer -80°C	535	3.0	1 0.7
	HCRC 3 -19	PCR Machine, Standard	950	5.4	1 1.2
	HCRC 3 -26	Vortex Mixer	60	0.3	1 0.1
Sample Receptant	HCRC 3 -23	Refrigerator 4°C	450	2.6	1 0.6
HUMAN GENETIC		GOI-1		-	-
Washing and Disposal Spec of Lab-1	HCRC 3 -02	Autoclave	2,000	11.4	1 2.5
	HCRC 3 -14	LC-MS/MS	800	4.5	1 1.0
Dark Room Microscope	HCRC 3 -09	Microscope with Digital Photomicrography System and Image Analysis Software (Fluorescence)	350	2.0	1 0.4
Result Storage	HCRC 3 -07	Freezer -20°C	500	2.8	1 0.6
Storage	HCRC 3 -17	Refrigerator 4°C	450	2.6	1 0.6
	HCRC 3 -01	Analytical Balance	50	0.3	1 0.1
General Lab-1	HCRC 3 -03	Centrifuge, Refrigerated (fix and swing Rotor)	1,650	9.4	1 2.1
	HCRC 3 -05	Centrifuge, Mini	10	0.1	1 0.0
General Lab-2	HCRC 3 -18	Vortex Mixer	60	0.3	1 0.1
	HCRC 3 -04	Centrifuge, Microcentrifuge	250	1.4	1 0.3
	HCRC 3 -08	Fume Hood	350	2.0	1 0.4
	HCRC 3 -10	Oven	1,250	7.1	1 1.6
	HCRC 3 -12	Heating Block	300	1.7	1 0.4
	HCRC 3 -13	Waterbath	1,500	8.5	1 1.9
General Lab-3	HCRC 3 -15	Vacuum Concentrator	350	2.0	1 0.4
Clean Room-1	HCRC 3 -11	Biological Safety Cabinet Class II Type A2	285	1.6	1 0.4
Clean Room-2	HCRC 3 -06	CO2 Incubator Air Jacket	1,012	5.8	1 1.3
	HCRC 3 -16	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1 -
Sub Total					48 38

	4th FLOOR	Weight	Amp	Qty	KVA
	Auditorium				
CME/PD-AUD.4-01	Note Book	77	0.4	3	0.3
CME/PD-AUD.4-02	Duplicator	45	0.3	3	0.2
CME/PD-AUD.4-03	Portable Screen		-	7	-
CME/PD-AUD.4-04	Projector 4200 Ansi	310	1.8	7	2.7
CME/PD-AUD.4-05	LCD Monitor 20"	25	0.1	3	0.1
CME/PD-AUD.4-06	Microphone	50	0.3	9	0.8
CME/PD-AUD.4-07	Stand Mic Desk		-	3	-
CME/PD-AUD.4-08	Standing Mic		-	6	-
CME/PD-AUD.4-09	Wireless Clip-On		√	3	-
CME/PD-AUD.4-10	Wireless Handheld		√	6	-
CME/PD-AUD.4-11	Timer Control For Presenter		√	3	-
CME/PD-AUD.4-12	Spotlight For Stage		√	1	-
CME/PD-AUD.4-13	Splitter		√	3	-
CME/PD-AUD.4-14	Extender		√	6	-

	5th FLOOR	Weight	Amp	Qty	KVA
	CME/PD Office				
CME/PD.5-01	Computer	90	0.5	3	0.3
CME/PD.5-02	Note Book	18	0.1	1	0.0
CME/PD.5-03	DVD Player	9	0.1	1	0.0
CME/PD.5-04	Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
CME/PD.5-05	Printer Scanner & Copy A3	28	0.2	1	0.0
CME/PD.5-06	Camcorder	√		2	
CME/PD.5-07	Digital Camera + tripod	√		2	
CME/PD.5-08	Smart TV 50" with HDMI, VGA cable, and stand	190	1.1	1	0.2
	ICT (Information Communication Technology)				-
	5th FLOOR				-
	Computer Lab				-
ICT-CL.5-01	Computer	90	0.5	117	13.2
ICT-CL.5-02	Duplicator	45	0.3	1	0.1
ICT-CL.5-03	Note Book	18	0.1	1	0.0
ICT-CL.5-04	Portable and in system	500	2.8	1	0.6
	Control Room				
ICT-CR.5-01	Computer	90	0.5	2	0.2
ICT-CR.5-02	UPS 30 KVA	24,000	136.4	1	30.0
ICT-CR.5-03	Smart Tv 50 inch with bracket	190	1.1	1	0.2
	Medical Learning				-
ICT-ML.5-01	Computer	90	0.5	8	0.9
ICT-ML.5-02	Note Book	90	0.5	3	0.3
ICT-ML.5-03	LaserJet Printer B/W (network)	100	0.6	1	0.1
ICT-ML.5-04	Multifunction Printer networking	77	0.4	2	0.2
ICT-ML.5-05	Smart TV 50" with HDMI, VGA cable and stand	190	1.1	1	0.2

	Meeting Room	Weight	Amp	Qty	KVA
ICT-MR.5-01	Smart TV 50" with HDMI, VGA cable and stand	190	1.1	1	0.2
	DESIGN OF BEST PRACTICED MEDICAL LEARNING (PRODUCTION HOUSE)				
ICT-PH.5-01	Multimedia Computer	200	1.1	2	0.5
ICT-PH.5-02	Duplicator	400	2.3	1	0.5
ICT-PH.5-03	Player mini DV	500	2.8	1	0.6
ICT-PH.5-04	Trippod		-	2	-
ICT-PH.5-05	Professional Camera		-	4	-
ICT-PH.5-06	Sound system (clip on wireless)	500	2.8	2	1.3
ICT-PH.5-07	Smart TV 42" + HDMI & VGA cable Stand	100	0.6	1	0.1
	ADM and Control Room				
ICT-CR.5-01	Computer	90	0.5	2	0.2
ICT-CR.5-02	Smart TV 50" with bracket	190	1.1	2	0.5
	SERVER ROOM				
ICT-SR.5-01	FireWall				
	Anti Virus			1	
	ServerFarm Firewall			1	
ICT-SR.5-02	Server				
	Server AD	700	4.0	1	0.9
	Vcenter	700	4.0	1	0.9
	Hypervisor	700	4.0	4	3.5
	IP TV Server	700	4.0	4	3.5
	Server Microteaching	700	4.0	1	0.9
	SAN Storage	530	3.0	1	0.7
ICT-SR.5-03	IP TV				
	IP TV system (set)		-	1	-
	Additional Video/mobile (skill lab)		-	1	-

METABOLIC DIABETES			Watt	Amp	Qty	KVA
Storage Result	M/A.5 - 01	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
DNA	M/A.5 - 02	Centrifuge, Microcentrifuge	250	1.4	1	0.3
	M/A.5 - 04	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
	M/A.5 - 05	Gel Electrophoresis Apparatus , Horizontal	480	2.7	1	0.6
	M/A.5 - 06	Gel Electrophoresis Apparatus , Vertical	75	0.4	1	0.1
	M/A.5 - 08	Homogenizer	1,100	6.3	1	1.4
	M/A.5 - 09	Hybridization Oven	1,388	7.9	1	1.7
	M/A.5 - 12	Nano Spectrophotometer	40	0.2	1	0.1
	M/A.5 - 13	PCR Machine, Standard	500	2.8	1	0.6
	M/A.5 - 16	Refrigerator 4°C	1,200	6.8	1	1.5
	M/A.5 - 19	Microwave	389	2.3	1	0.5
General Lab	M/A.5 - 03	Centrifuge, Mini	10	0.1	1	0.0
	M/A.5 - 07	Heating Block	300	1.7	1	0.4
	M/A.5 - 11	Incubator	300	1.7	1	0.4
	M/A.5 - 14	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1	-
	M/A.5 - 15	pH Meter, Digital	-	-	1	-
	M/A.5 - 17	Stirring Hotplate	660	3.8	1	0.8
	M/A.5 - 18	Water bath Incubator Shaker	770	4.4	1	1.0
	HPLC Room	M/A.5 - 10	HPLC (High Performance Liquid Chromatography)	5,000	28.4	1
Sub Total					43	29

No.	Name of Equipment	Watt	Amp	Qty	KVA
CLUSTER SKILL LAB					
L8-E (8th FLOOR)					
Reception					
RCP.8-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, bracket)	100	0.6	1	0.1
RCP.8-02	Computer	90	0.5	1	0.1
Workshop (005)					
WRK.8-01	Computer	90	0.5	2	0.2
Small Mock Theatre OSCE (006 - 017)					
OSCE.8-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	3	0.4
OSCE.8-02	Panic button (wireless, 24 user)	50	0.3	1	0.1
OSCE.8-03	Note Book	18	0.1	15	0.3
OSCE.8-04	CCTV microteaching	-	-	1	-
Item Included					
	CCTV Camera	5	0.0	5	0.0
	Recorder	200	1.1	1	0.3
	Display Monitor	100	0.6	1	0.1
	Installation material	-	-	1	-
	LED TV 42 Inch with bracket	100	0.6	1	0.1
OSCE.8-05	Patient Stretcher	-	-	12	-
Hospital Mock Theatre (018-019)					
HMT.8-01	Adult Integrated Simulator Patient with Accessories	2,200	12.6	1	2.8
HMT.8-02	Computer	100	0.6	1	0.1
HMT.8-03	Baby Simulator Patient	308	1.8	1	0.4
Control Room					
CR.8-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, bracket)	100	0.6	1	0.1
CR.8-02	Computer	90	0.5	1	0.1
L9-E (9th FLOOR)					
Reception					
RCP.9-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, bracket)	100	0.6	1	0.1
RCP.9-02	Computer	90	0.5	1	0.1
Staff Room (005-007)					
STR.9-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	1	0.1
STR.9-02	Calculator	-	-	10	-
STR.9-03	Multifunction Printer A4	77	0.4	1	0.1
STR.9-04	LaserJet Printer A3	593	3.4	1	0.7
STR.9-05	Computer	90	0.5	10	1.1
STR.9-06	Scanner	50	0.3	1	0.1
Director Room Room/Secretary (008)					
DIR.9-01	Computer	90	0.5	2	0.2
DIR.9-02	Multifunction Printer A4	100	0.6	1	0.1
DIR.9-03	Fax Machine	200	1.1	1	0.3
Small Mock Theatre OSCE (009 - 020, 024)					
OSCE.9-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	3	0.4
OSCE.9-02	Panic button (wireless, 24 user)	-	-	1	-
OSCE.9-03	Note Book	18	0.1	15	0.3
OSCE.9-04	CCTV microteaching	-	-	1	-
Item Included					
	CCTV Camera	5	0.0	5	0.0
	Recorder	200	1.1	1	0.3
	Display/Monitor	100	0.6	1	0.1
	Installation material	-	-	1	-
	LED TV 42 Inch with bracket	100	0.6	1	0.1
OSCE.9-05	Patient Stretcher	-	-	12	-
Control Room (022)					
CR.9-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, bracket)	100	0.6	1	0.1
CR.9-02	Computer	90	0.5	1	0.1
Meeting Room (020/023)					
MR.9-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	1	0.1
MR.9-02	Sound system	500	2.8	1	0.6
	Anatomy Touchscreen table	500	2.8	1	0.6

Develop. Research Div. (022)					
DEV.8-01	Multimedia Computer	200	1.1	2	0.5
DEV.8-02	Professional Video Camera	-	-	2	-
DEV.8-03	Tripod	-	-	2	-
DEV.8-04	Sound system (dip on wireless)	500	2.8	2	1.3
DEV.8-05	Player mini DV	200	1.1	1	0.3
DEV.8-06	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	1	0.1
DEV.8-07	Duplicator	200	1.1	1	0.3
DEV.8-08	Multifunction Printer A4	77	0.4	1	0.1
DEV.8-09	DSLR Camera	-	-	1	-
Meeting Room (020/023)					
MR.8-01	LED TV 42 Inch (with VGA and HDMI cable, stand)	100	0.6	1	0.1
MR.8-02	LED TV 55 Inch (with VGA and HDMI cable expand, bracket)	200	1.1	1	0.3
MR.8-03	Sound system	500	2.8	1	0.6

STEM CELL AND TISSUE ENGINEERING	IDB-1					
Washing Disposal	SCTE.8 - 02	Autoclave	2,000	11.4	1	2.5
	SCTE.8 - 29	Ultrasonic cleaner	975	5.5	1	1.2
	SCTE.8 - 01	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	SCTE.8 - 12	Freezer -80°C	1,100	6.3	1	1.4
	SCTE.8 - 14	Fume Hood	350	2.0	1	0.4
General lab	SCTE.8 - 15	Heating Block	300	1.7	1	0.4
	SCTE.8 - 16	Homogenizer	1,100	6.3	1	1.4
	SCTE.8 - 18	Liquid Nitrogen Tank	-	-	1	-
	SCTE.8 - 19	Vortex Mixer	330	1.9	1	0.4
	SCTE.8 - 20	Microwave	399	2.3	1	0.5
	SCTE.8 - 22	Oven	1,800	9.1	1	2.0
	SCTE.8 - 26	pH Meter, Digital	50	0.3	1	0.1
	SCTE.8 - 28	Stirring Hotplate	660	3.8	1	0.8
	SCTE.8 - 03	Biological Safety Cabinet Class II Type A2	1,430	8.1	1	1.8
	SCTE.8 - 05	Centrifuge, Refrigerated (fix and swing Rotor)	1,660	9.4	1	2.1
Culture Room Class C-1	SCTE.8 - 08	CO2 Incubator Air Jacket	100	0.6	1	0.1
	SCTE.8 - 09	Cell Counter	728	4.1	1	0.9
	SCTE.8 - 23	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	2	-
Culture Room Class C-2	SCTE.8 - 03	Biological Safety Cabinet Class II Type A2	1,430	8.1	1	1.8
	SCTE.8 - 17	Inverted Microscope	300	1.7	1	0.4
DNA	SCTE.8 - 25	Pipette, Automatic	-	-	1	-
	SCTE.8 - 04	Benchtop Coolers	-	-	1	-
	SCTE.8 - 11	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
	SCTE.8 - 13	Flow Cytometer (cell sorter)	1,500	8.5	1	1.9
	SCTE.8 - 24	Pipette, Multichannel 8x200 uL	-	-	1	-
	SCTE.8 - 27	Refrigerator 4°C	450	2.6	1	0.6
	SCTE.8 - 10	Cryopreservation System	1,950	11.1	1	2.4
STORAGE RESULT	SCTE.8 - 06	Centrifuge, Refrigerated Microcentrifuge	320	1.8	1	0.4
	SCTE.8 - 07	Centrifuge, Mini	10	0.1	1	0.0
	SCTE.8 - 21	Orbital Shaker	100	0.6	1	0.1
Sub Total					31	24

NEURO SCIENCE AND BRAIN DEVELOPMENT CENTRE			Watt	Amp	Qty	KVA
Preparation Room	NBC.9 - 10	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1	-
	NBC.9 - 02	Freezer -80°C	1,100	6.3	2	2.8
	NBC.9 - 04	Fume Hood	350	-	1	0.4
Brain Bank	NBC.9 - 05	Hanging Balance	-	-	1	-
	NBC.9 - 07	Liquid Nitrogen Tank	-	-	2	-
	NBC.9 - 08	Microscope, Binocular Light	1,000	5.7	2	2.5
Dark Room	NBC.9 - 11	Refrigerator 4°C	450	2.6	1	0.6
	NBC.9 - 09	Microtome	-	-	1	-
General Lab	NBC.9 - 01	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	NBC.9 - 03	Vortex Mixer	330	1.9	1	0.4
	NBC.9 - 06	Homogenizer	1,100	6.3	1	1.4
	NBC.9 - 12	Stirring Hotplate	660	3.8	1	0.8
Sub Total					15	9

10th FLOOR	Library (006-007)	Watt	Amp	Qty	KVA
DL-LR.10-01	Computer	90	0.5	20	2.3
DL-LR.10-02	WiFi Access Point	50	0.3	1	0.1
DL-LR.10-03	Headphone	-	-	20	-
DL-LR.10-04	Portable audio system	-	-	1	-
DL-LR.10-05	LED TV 65" bracket	300	1.7	1	0.4
DL-LR.10-06	Book Drop	100	0.6	1	0.1
DL-LR.10-07	RFID Tag	-	-	12000	-
DL-LR.10-08	Digital Library Assistant	200	1.1	1	0.3
DL-LR.10-09	Tablet Tape	-	-	10000	-
DL-LR.10-10	Staff workstation	-	-	1	-
DL-LR.10-11	Security Gateway	200	1.1	1	0.3
DL-LR.10-12	Self-Checkout	100	0.6	1	0.1
DL-LR.10-13	Standing Barcode scanner	50	0.3	2	0.1
DL-LR.10-14	Gate Turnstile with RFID	200	1.1	1	0.3
	Information/Circulation Desk				
DL-CD.10-01	Computer	90	0.5	2	0.2
DL-CD.10-02	Photocopier (multi)	1500	8.5	1	1.9
	Head of Library (009)				
DL-HL.10-01	Computer	90	0.5	1	0.1
DL-HL.10-02	Note Book	18	0.1	1	0.0
	Library Staff Office Work Room (010)				
DL-SOWR.10-01	Computer	90	0.5	9	1.0
DL-SOWR.10-02	Laserjet Color Printer	370	2.1	1	0.5
DL-SOWR.10-03	Laserjet B/W Printer	591	3.4	1	0.7
DL-SOWR.10-04	Fax Machine	200	1.1	1	0.3
DL-SOWR.10-05	Scanner (Legal)	50	0.3	2	0.1
DL-SOWR.10-06	UPS Back up	12,000	68.2	1	15.0
DL-SOWR.10-07	Digital Video Camcorder + tripod	-	-	1	-
DL-SOWR.10-08	Digital Camera + tripod	-	-	1	-
DL-SOWR.10-09	Headphone	-	-	9	-
DL-SOWR.10-10	Paper Shredder Heavy Duty	-	-	1	-
TOTAL					144

HUMAN NUTRITION	GOI-1	Watt	Amp	Qty	KVA
Sample Storage	HNRC.10 - 05 Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
	HNRC.10 - 09 Refrigerator 4°C	450	2.6	1	0.6
General Lab	HNRC.10 - 01 Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	HNRC.10 - 08 Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1	-
	HNRC.10 - 06 Freezer -80°C	535	3.0	1	0.7
	HNRC.10 - 02 Anthropometer	-	-	2	-
Anthropometric Room	HNRC.10 - 07 Dynamometer Handgrip	-	-	1	-
	HNRC.10 - 13 Height Scale	-	-	1	-
	HNRC.10 - 14 Pedometer	-	-	1	-
	HNRC.10 - 10 Skinfold Caliper	-	-	1	-
Observasi Room	HNRC.10 - 11 Weighing scale + Height scale	-	-	5	-
	HNRC.10 - 12 Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)	100	0.6	1	0.1
Human Calory Meter	HNRC.10 - 03 Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) with phase angle	200	1.1	1	0.3
	HNRC.10 - 04 Body Composition Analyzer	800	4.5	1	1.0
Sub Total				19	3

11th FLOOR	Service & Logistic Room (009)	Watt	Amp	Qty	KVA
CME-SLR.11-01	Laserjet Printer B/W (network)	591	3.4	1	0.7
CME-SLR.11-02	Multifunction Printer networking	77	0.4	1	0.1
	Office of Faculty Development & Office of Curriculum Development (010)				
CME-OFD.11-01	Computer	90	0.5	4	0.5
	Office of Medical Education Research (011)				
CME-OME.11-01	Computer	90	0.5	2	0.2
	Head of Center of Medical Education Office (012)				
CME-HCME.11-01	Computer	90	0.5	1	0.1
	Staff (013)/Adm Area for center of medical education				
CME-ADM.11-01	Computer	90	0.5	3	0.3
	ADM & IT (014)				
CME-IT.11-01	Computer	90	0.5	2	0.2
	Receptionist				
CME-RCT.11-01	Computer	90	0.5	1	0.1
	Meeting Room (020)				
CME-MR.11-01	Note Book	18	0.1	1	0.0
CME-MR.11-02	Audio System (set)	100	0.6	1	0.1
CME-MR.11-03	Smart TV 42" + HDMI & VGA cable Stand	100	0.6	1	0.1

CLINICAL TRIAL AND DRUGS DEVELOPMENT (IDB-1)			Unit	Req	Qty	Cost
Drug & Equipment Storage	CRSU.11 - 01	Diagnostic set	-	-	1	-
	CRSU.11 - 02	Dermaspectrometer	-	-	1	-
	CRSU.11 - 03	Equipment Trolley	-	-	1	-
	CRSU.11 - 04	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
	CRSU.11 - 07	Reflex Hammer buck	-	-	-	-
General Storage	CRSU.11 - 09	Stethoscope	-	-	3	-
	CRSU.11 - 06	Refrigerator	500	2.8	1	0.6
Sampling Room	CRSU.11 - 05	Patient Bed	-	-	7	-
	CRSU.11 - 08	Standing Sphygmomanometer	-	-	2	-
	CRSU.11 - 10	Weighing scale + Height scale	-	-	1	-
General Lab	DDRC11-01	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	DDRC11-02	Differential Scanning Calorimetry (DSC)	400	2.3	1	0.5
	DDRC11-03	Freezer -80°C	1,100	6.3	1	1.4
	DDRC11-04	Fourier Transform Infrared Spectroscopy	160	0.9	1	0.2
	DDRC11-05	Pipette, Automatic	-	-	2	-
	DDRC11-06	Spectrophotometer, UV/Vis	660	3.8	1	0.8
	DDRC11-07	Ultrasonic cleaner	975	5.5	1	1.2
OCCUPATION & ENVIRONMENTAL HEALTH LAB CENTER (IDB-1)						
Sample Storage	OEHL11 - 18	Refrigerator 4°C	450	2.6	1	0.6
Preparation Room	OEHL11 - 20	Water Purification System	-	-	1	-
General Storage	OEHL11 - 03	Anemometer, Digital	-	-	1	-
	OEHL11 - 04	Confined Space Gas Analyzer	50	0.3	2	0.1
	OEHL11 - 05	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
	OEHL11 - 07	Indoor Air Quality Meter	50	0.3	1	0.1
	OEHL11 - 08	Lux Meter	-	-	1	-
	OEHL11 - 10	Noise Dosimeter	-	-	1	-
	OEHL11 - 14	Particulate Monitor	50	0.3	1	0.1
General Lab	OEHL11 - 16	Personal Heat Stress	50	0.3	1	0.1
	OEHL11 - 02	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	OEHL11 - 06	Fume Hood	350	2.0	1	0.4
	OEHL11 - 11	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1	-
	OEHL11 - 12	Pipette (0.1 - 2.5uL)	-	-	1	-
	OEHL11 - 13	pH Meter, Digital	-	-	1	-
	OEHL11 - 15	Particle Counter	-	-	1	-
AAS	OEHL11 - 17	Heating Block	300	1.7	1	0.4
	OEHL11 - 19	Stirring Hotplate	660	3.8	1	0.8
	OEHL11 - 01	AAS graphit	2,200	12.5	1	2.8
GC-MS	OEHL11 - 09	AAS Furnace	2,200	12.5	1	2.8
	OEHL11 - 09	Mass Spectrometer, Gas Chromatography (GC-MS)	1,240	7.0	1	1.6
Sub Total					48	16

INFECTIOUS DISEASES & IMMUNOLOGY & BIOETHIC (IDB-1)						
General Lab	IDL12 - 10	Fume Hood	350	2.0	1	0.4
	IDL12 - 11	Gel Electrophoresis Apparatus, Horizontal	480	2.7	1	0.6
	IDL12 - 12	Gel Electrophoresis Apparatus, Vertical	75	0.4	1	0.1
	IDL12 - 13	Cooling & Heating Block with Shaker	50	0.3	1	0.1
	IDL12 - 14	Sonicator	800	4.5	1	1.0
	IDL12 - 15	Incubator	300	1.7	1	0.4
	IDL12 - 20	Incubator Shaker	1,080	4.5	1	1.4
	IDL12 - 23	Pipette (0.2 - 1000uL)	-	-	1	-
	IDL12 - 29	Plastic Sealer	300	1.7	1	0.4
	IDL12 - 32	Stirring Hotplate	660	4.7	1	0.8
Virology and Tissue Culture	IDL12 - 36	Microwave	399	2.3	1	0.5
	IDL12 - 03	Biological Safety Cabinet Class II Tipe A2	1,500	8.5	1	1.9
	IDL12 - 04	Centrifuge, Refrigerated (microplate)	320	1.8	1	0.4
	IDL12 - 07	CO2 Incubator Air Jacket	1,000	5.7	1	1.3
Imunology Lab	IDL12 - 35	Waterbath	1,000	5.7	1	1.3
	IDL12 - 30	Refrigerator (1,370 L)	1,870	10.6	1	2.3
Parasitology Lab	IDL12 - 25	Pipette (0.1 - 2.5uL)	-	-	2	-
	IDL12 - 26	Pipette, Multichannel	-	-	1	-
	IDL12 - 31	Refrigerator	350	2.0	1	0.4
Addition Room	IDL12 - 05	Centrifuge, Refrigerated Microcentrifuge	320	1.8	1	0.4
	IDL12 - 24	Pipette (100 - 5000uL)	-	-	1	-
	IDL12 - 34	Vortex Mixer	330	1.9	2	0.8
PCR	IDL12 - 06	Centrifuge, Mini	10	0.1	2	0.0
	IDL12 - 21	PCR Machine, Standard	2,600	14.8	1	3.3
	IDL12 - 22	PCR Machine, Real Time	2,600	14.8	1	3.3
	IDL12 - 19	Nano Spectrophotometer	40	0.2	1	0.1
PCR Mix	IDL12 - 31	Refrigerator	350	2.0	1	0.4
	IDL12 - 17	Microscope, Binocular Light	360	1.5	1	0.5
Dark Room	IDL12 - 18	Gel Documentation System	500	2.8	1	0.6
Preparation Room	IDL12 - 01	Analytical Balance	50	0.3	1	0.1
	IDL12 - 27	pH Meter, Digital	-	-	1	-
	IDL12 - 28	Pipette, Controller	-	-	2	-
Washing and Disposal	IDL12 - 02	Autoclave	2,000	11.4	1	2.5
	IDL12 - 33	Ultrasonic cleaner	360	2.0	1	0.5
Sample Storage	IDL12 - 08	Freezer -20°C	500	2.8	1	0.6
Lobby Area	IDL12 - 16	Liquid Nitrogen Tank	-	-	1	-
Sub Total			1,100	6.3	1	1.4
					41	27