

2023



**LAPORAN AUDIT ENERGI
DI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Laporan **AUDIT ENERGI DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**.

Kegiatan ini akan menguraikan kondisi pemanfaatan energi khususnya energi listrik di Fakultas Teknik UNY. Pekerjaan ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik pada instansi tersebut.

Adapun dalam laporan ini ditampilkan beberapa kondisi hasil observasi, wawancara, pengukuran dan pembacaan data sekunder dari Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (obyek audit energi) meliputi, data pembayaran listrik selama 1 tahun terakhir, denah gedung dan data kelistrikan. Pada laporan ini ditampilkan profil energi, analisis energi yang meliputi sistem pencahayaan, sistem tata udara, sistem selubung bangunan, Intensitas Konsumsi Energi (IKE), potensi penghematan energi dan rekomendasi terkait potensi-potensi penghematan energi yang ada.

Kepada semua pihak yang berkaitan dan membantu proses terlaksananya kegiatan audit energi dan laporan ini, kami ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, Maret 2023

Penyusun

DAFTAR ISI		
HALAMAN JUDUL		i
EXECUTIVE SUMMARY		ii
KATA PENGANTAR		iii
DAFTAR ISI		iv
BAB 1	PENDAHULUAN	
	1.1. LATAR BELAKANG	1
	1.2. MAKSUD DAN TUJUAN	5
	1.3. LINGKUP PEKERJAAN	6
	1.4. KELUARAN	7
	1.5. METODOLOGI PELAKSANAAN KEGIATAN	7
	1.6. DASAR HUKUM PELAKSANAAN KEGIATAN	11
BAB 2	DASAR TEORI	
	2.1. JENIS-JENIS AUDIT ENERGI	12
	2.2. JENIS-JENIS SISTEM PENCAHAYAAN	14
	2.3. SISTEM PENDINGIN UDARA	15
	2.4. PENGAMAN-PENGAMAN DALAM INSTALASI LISTRIK	23
	2.5. BAHAYA LISTRIK	30
BAB 3	GAMBARAN UMUM	
	3.1. DESKRIPSI BANGUNAN	32
	3.2. POTRET PENGGUNAAN ENERGI	54
	3.3. SISTEM MANAJEMEN ENERGI	65
BAB 4	ANALISIS DAN PELUANG PENGHEMATAN ENERGI	
	5.1. ANALISIS KINERJA ENERGI	
	5.1.1 SISTEM KELISTRIKAN	
	5.1.2 SISTEM PENCAHAYAAN	
	5.1.3 SISTEM TATA UDARA	
	5.2. SISTEM MANAJEMEN ENERGI	
BAB 5	PELUANG DAN REKOMNEDASI PENGHEMATAN ENERGI	
	6.1 PELUANG PENGHEMATAN ENERGI	
	6.1.1 SISTEM KELISTRIKAN	
	6.1.2 SISTEM PENCAHAYAAN	
	6.1.3 SISTEM TATA UDARA	
	6.2 REKOMENDASI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI	
	6.2.1 REKOMENDASI PELUANG PENGHEMATAN TEKNIS	
	6.2.2 REKOMENDASI PELUANG PENGEMATAN NON TEKNIS	
DAFTAR PUSTAKA		

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Energi merupakan salah satu faktor yang sangat diperlukan untuk pembangunan berkelanjutan dan pertumbuhan ekonomi. Penyediaan tenaga listrik, berdasarkan statistik dari Departemen ESDM di akhir tahun 2017 adalah sebesar 254.657,39 GWh dengan penjualan tenaga listrik PLN tahun 2017 sebesar 219.544,60 GWh. Penjualan untuk sektor industri sebesar 71.744,13 GWh, sektor rumah tangga sebesar 93.583,52 GWh, sektor komersial atau usaha sebesar 41.601,08 GWh, sektor publik atau umum sebesar 3.503,47 GWh dan sektor sosial dan kantor pemerintahan sebesar 11.142,47 GWh [1]. Berdasarkan data diatas dua sektor paling dominan yaitu sektor rumah tangga dan sektor industri. Dari tahun 2012 sampai tahun 2017 jumlah pelanggan PLN untuk indutri terus mengalami peningkatan dimana berdasarkan data statistik ketenaga listrikan pada tahun 2017 mencapai 76.816 pelanggan.

Saat ini energi merupakan kebutuhan utama setiap manusia. Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi suatu negara menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya kebutuhan energi saat ini. Seiring dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat dan semakin cepatnya perkembangan teknologi, maka usaha manusia dalam pemenuhan kebutuhan sehari- hari semakin bervariasi. Salah satu usaha manusia dalam memenuhi kebutuhannya adalah dengan menggunakan peralatan- peralatan elektronik yang sangat praktis dan efektif. Namun semakin banyak penggunaan peralatan elektronik di masyarakat juga menyebabkan konsumsi energi listrik semakin meningkat.

Rata-rata pertumbuhan konsumsi energi sebesar 7% per tahunnya (*ESDM Mag*, p.02,2012). Salah satunya adalah energi listrik, maka dari itu pemerintah mengeluarkan regulasi tentang konservasi energi. Pengertian konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya

energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya (*Peraturan Menteri ESDM no 14 Tentang Manajemen Energi*). Dalam proses konversi energi diperlukan adanya sumber energi primer. Sedangkan sumber energi primer yang digunakan saat ini sebagian besar adalah sumber energy yang tak terbarukan. Peningkatan pembangkitan energi listrik tidak menjadi masalah besar selama sumber energi primer yang dibutuhkan masih mencukupi. Namun, cadangan sumber energi primer yang tersedia semakin menipis dan dibutuhkannya waktu yang cukup lama untuk menghasilkannya.

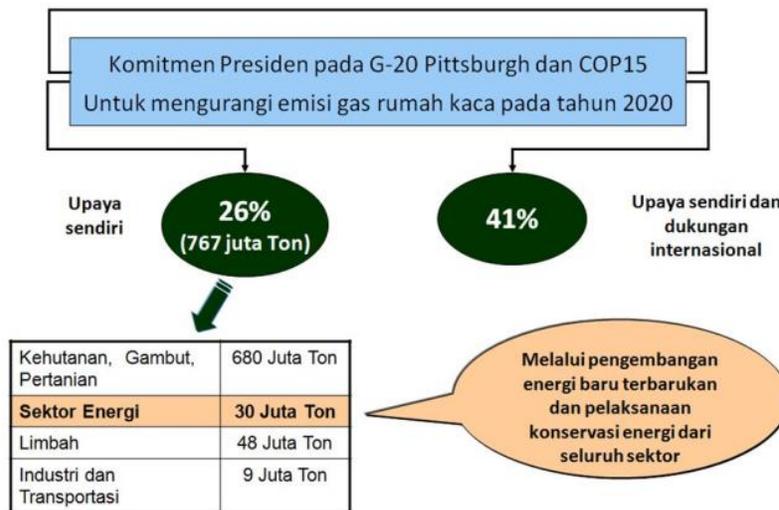
Proyeksi kebutuhan listrik masing-masing sektor di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup significant dari tahun 2003 sampai perkiraan tahun 2020 (www.oocities.org). Sedangkan dalam penyediaan energi listrik masih didominasi oleh bahan bakar fosil terutama minyak bumi dan batubara, Sedangkan pemanfaatan sumber energi baru-terbarukan sebagai bahan bakar penyediaan energi listrik hanya berkisar 5% dari keseluruhan total pemakaian bahan bakar. Salah satu langkah yang dapat ditempuh untuk melakukan penghematan dan peningkatan efisiensi energi listrik adalah dengan melakukan audit energi pada bangunan-bangunan yang mengkonsumsi energi listrik dalam jumlah yang cukup besar.

Kenaikan harga energi khususnya bahan bakar minyak merupakan pilihan sulit yang harus diambil pemerintah untuk menyikapi kenaikan minyak mentah dunia yang cukup drastis. Langkah ini diambil untuk menyelamatkan perekonomian nasional karena semakin tinggi harga minyak di pasar internasional maka beban subsidi yang harus ditanggung pemerintah juga semakin berat, mengingat sebagian kebutuhan BBM kita harus diimpor dari negara lain. Menyadari betapa berat dampak dari kenaikan harga energi ini terutama bagi industri dan masyarakat, maka perlu melakukan tindakan yang tepat dan bijaksana dalam rangka memperbaiki ekonomi bangsa melalui konservasi energi dengan melakukan penghematan energi

Sementara pada saat yang bersamaan, kemampuan penyediaan listrik oleh negara melalui PT. PLN (Persero) masih terbatas, bahkan terdapat indikasi bahwa kemampuan tersebut mulai menurun. Salah satu penyebab penurunan kemampuan

pemasokan tersebut adalah karena sebagian besar pembangkit tenaga listrik yang dimiliki oleh PT PLN (Persero) menggunakan bahan bakar fosil, yaitu minyak atau batubara, sebagai sumber energi penggerakannya, sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis.

Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Sedangkan audit energi adalah upaya tindakan nyata yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi penggunaan energi dengan menghitung besarnya konsumsi energi listrik, mengidentifikasi peluang hemat energi, dan memberikan rekomendasi agar pemakaian energi listrik selanjutnya dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Adapun komitmen nasional untuk pengurangan emisi gas rumah kaca pada tahun 2020 diantaranya melalui pelaksanaan konservasi energi dari seluruh sektor, hal dapat dilihat seperti gambar di bawah ini sebagai berikut :



Gambar 1.1 Komitmen Nasional Pengurangan GRK

Konservasi energi dalam pemanfaatan energi, pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak(TOE) per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi (PP No.70/2009). Berdasarkan instruksi Presiden No. 13 tahun 2011 tentang penghematan energi dan

air, menyatakan bahwa agar suatu gedung BUMN dan atau BUMD untuk melaksanakan langkah-langkah penghematan energi diantaranya sistem penerangan dan alat pendingin. Peraturan inilah yang mendorong upaya agar dilakukan penghematan pada sistem penerangan dan sistem tata udara seefisien mungkin tanpa mengurangi keefektifan operasional kerja.

Peraturan Pemerintah melalui PP No.70/2009 tentang Konservasi Energi menyatakan bahwa Konservasi energi nasional menjadi tanggung jawab Pemerintah, pemerintah daerah provinsi, pemerintah daerah kabupaten/kota, pengusaha dan masyarakat. Pemerintah bertanggung jawab secara nasional untuk : Merumuskan dan menetapkan kebijakan, strategi, dan program konservasi energi;

- a. Mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang konservasi energi;
- b. Melakukan sosialisasi secara menyeluruh dan komprehensif untuk penggunaan teknologi yang menerapkan konservasi energi;
- c. Mengkaji, menyusun, dan menetapkan kebijakan, serta mengalokasikan dana dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- d. Memberikan kemudahan dan/atau insentif dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- e. Melakukan bimbingan teknis konservasi energi kepada pengusaha, pengguna sumber energi, dan pengguna energi;
- f. Melaksanakan program dan kegiatan konservasi energi yang telah ditetapkan;
- g. Melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan program konservasi energi.

Dalam rangka melaksanakan penghematan energi dan pelaksanaan konservasi maka, pemerintah khususnya Pemerintah Daerah Provinsi D.I. Yogyakarta dalam hal ini melalui Dinas PUP ESDM melakukan konservasi energi melalui kegiatan audit energi. Kegiatan audit energi ini dimaksudkan untuk mendorong dinas-dinas di lingkup Pemerintahan Daerah Provinsi D.I. Yogyakarta untuk berperan aktif dalam penerapan konservasi energi berbasis pengetahuan (*knowledge-based economy*) untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi

pemanfaatan energi dengan menerapkan prinsip-prinsip hemat energi dan berbagai inovasi pada skala ekonomis.

Pelaksanaan kegiatan ini dibagi dalam beberapa tahap:

1. Komitmen untuk melaksanakan kegiatan konservasi energi berdasarkan potensi yang ada.
2. Pengembangan kegiatan untuk mengidentifikasi peluang konservasi energi.
3. Penerapan konservasi energi yang bersifat penataan/perbaikan prosedur operasi, pemeliharaan dan pengaturan jadwal operasi.
4. Penerapan konservasi energi yang bersifat perbaikan/modifikasi peralatan energi, instrument dan peningkatan karyawan/operator.

1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud kegiatan audit energy di Fakultas Teknik ini adalah untuk mengkaji kembali terhadap penggunaan energi yang di khususkan pada energy listrik

Adapun Tujuan dari Audit Energi adalah :

- a. Mengetahui profil beban kelistrikan.
- b. Mengetahui kondisi eksisting.
- c. Mengetahui konsumsi energi berdasar data historis dan hasil audit.
- d. Mengetahui Intensitas Konsumsi Energi (IKE) berdasarkan data historis Mengidentifikasi peluang-peluang dalam penghematan energi di Fakultas Teknik.
- e. Memberikan langkah-langkah untuk memanfaatkan peluang untuk penghematan energi dan manajemen energi yang harus dilakukan.
- f. Memberikan Rekomendasi peluang hemat energi *no cost, low cost, medium dan high cost*.

Dengan kata lain, tujuan utama yang akan dicapai dari kegiatan ini adalah mengidentifikasi peluang penghematan energi dan menghasilkan langkah-langkah penghematan energi yang dapat ditindaklanjuti oleh pihak berwenang atau pengelola bangunan gedung yang diaudit.

1.3. LINGKUP PEKERJAAN

ruang lingkup pekerjaan berdasarkan audit energy ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

- a. Pemahaman dan inisiasi terkait program manajemen energi
- b. Tinjauan Potensi dan Permasalahan, meliputi:
 - 1) Tahap Persiapan
 - Pengumpulan Referensi
 - Kajian Pustaka
 - Perijinan dan koordinasi
 - 2) Audit Awal
 - Pengumpulan data historis konsumsi energi
 - Pengumpulan data sistem tenaga listrik dan beban
 - 3) Audit Rinci
 - Pengumpulan beban listrik
 - Pengukuran arus, tegangan, faktor daya, daya aktif, daya reaktif, daya semu, harmonik arus, harmonik tegangan dan frekuensi
 - Analisis data
 - 4) Analisis PHE
 - Analisis PHE *no cost*
 - Analisis PHE *low cost*
 - Analisis PHE *high cost*
 - 5) Pelaporan
 - Penyusunan Laporan Akhir

1.4. KELUARAN

Keluaran yang dihasilkan dari Pekerjaan ini, yaitu :

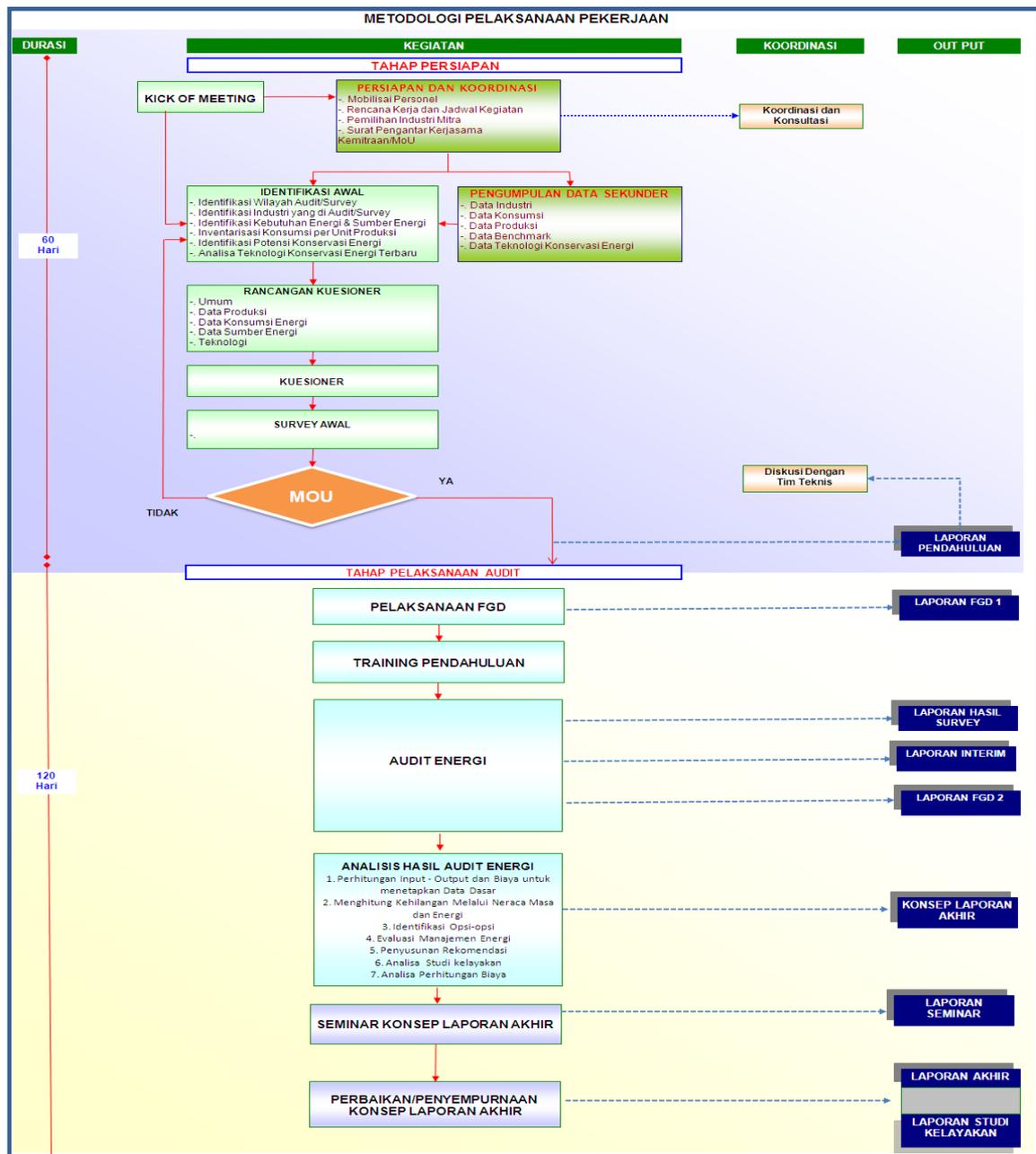
- 1) Indikator Keluaran : Terselenggaranya Audit Energi, teridentifikasi peluang penghematan energi dan tersusunnya rekomendasi hemat energi di Fakultas Teknik.
- 2) Keluaran/ *Output* : Tersusunnya Laporan hasil pelaksanaan audit energi.

1.5. METODOLOGI PELAKSANAAN KEGIATAN

Metodologi pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan, yaitu :

1. Tahapan Persiapan dan Koordinasi;
2. Tahapan Pelaksanaan Audit;
3. Tahapan Analisis data;
4. Tahapan Penyusunan Rekomendasi;

Secara diagram metodologi pelaksanaan kegiatan tersebut ditunjukkan pada gambar 1.2



Gambar 1.2 Metodologi Pelaksanaan Kegiatan Audit Energi

1) **Persiapan/Survei awal**

Melakukan koordinasi ke instansi terkait untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh, meliputi,

1. Persiapan, antara lain :

- a. Pendataan profil penggunaan energi, pasokan, distribusi dan kualitas energi serta biaya energi listrik
- b. Menentukan prioritas area audit
- c. Menentukan jenis audit energi
- d. Melakukan survei lapangan dan merancang pelaksanaan audit meliputi jadwal, tim pelaksana, peralatan pendukung, serta menetapkan metoda analisis

Pada kondisi normal seluruh kapasitas daya terpasang tersebut dipakai untuk kebutuhan gedung perkantoran yang melayani jenis-jenis beban yang ada seperti Lampu Penerangan dan Pengkondisi Udara.

Penanganan instalansi listrik secara umum harus memenuhi persyaratan referensi dan standar, yang diatur dalam peraturan seperti :

1. SNI 6196:2011 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung;
2. SNI 6197:2011 tentang Sistem Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan
3. SNI 6390: 2011 tentang Sistem Konservasi Energi pada Tata Udara;
4. Permen ESDM No. 13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik

2) Pelaksanaan audit energi

- a. Melaksanakan *kick off meeting* dengan pihak yang diaudit (Dekan Fakultas Teknik UNY), hal ini bertujuan untuk menjelaskan mengenai tujuan audit energi, dan lingkup audit energi
- c. Melakukan survei dan pengumpulan data lapangan (*on the spot data*) untuk:
 - (1) mengetahui profil penggunaan energi
 - (2) mengidentifikasi titik pemborosan energi.
 - (3) mengidentifikasi peluang penghematan energi pada setiap tahapan proses produksi.
 - (4) mengetahui kinerja efisiensi penggunaan energi (*energy performance*).

- d. Melakukan pengumpulan data sekunder yang diperlukan baik melalui kuesioner maupun wawancara. Data-data tersebut minimal: deskripsi gedung, kapasitas daya terpasang, luasan bangunan, penggunaan energi, dan jumlah kWh meter terpasang;
- e. Melakukan pengukuran pada peralatan listrik yang digunakan untuk mengetahui kualitas dan parameter efisiensi pemanfaatan energi;
- f. Melakukan analisis minimal terhadap intensitas pemakaian energi, sistem pencahayaan dan sistem tata udara, kualitas dan parameter efisiensi pemanfaatan energi untuk mendapatkan potensi penghematan energi;
- g. Menyusun rekomendasi langkah-langkah penghematan energi.

3) Tahapan Evaluasi-Analisa Data

1. *Konsumsi Energi Spesifik Listrik*

Evaluasi – Analisis di sistem kelistrikan mencakup hal-hal sebagaimana berikut :

- a. Profil Energi Listrik;
- b. Neraca Energi Listrik;
- c. Konsumsi Energi Spesifik
- d. Tata Udara
- e. Sistem Penerangan

2. *Evaluasi Manajemen Energi*

Energy Management Matrix digunakan untuk melakukan asesmen terhadap penerapan manajemen energi di suatu instansi. Analisa ini penting dilakukan untuk menjamin terlaksananya peningkatan efisiensi energi melalui tindakan perbaikan yang terus menerus dilakukan secara terpadu di tingkat manajemen maupun di berbagai level operasi.

4) Tahapan Penyusunan Rekomendasi

Hasil analisis seperti di atas dirangkum ke dalam rekomendasi yang mencakup :

1. *Penerapan Teknologi*

Berdasarkan hasil analisis di atas disusun rekomendasi penerapan jenis teknologi yang dimungkinkan guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi maupun kinerja peralatan. Teknologi yang direkomendasikan dapat bersifat *low/no cost*, *medium cost* maupun *high cost*

2. Penerapan Manajemen Energi

Hasil asesmen manajemen energi akan digunakan untuk menyusun rekomendasi dalam bentuk pembenahan manajemen energi di bangunan gedung. Rekomendasi yang diberikan dapat berupa : peningkatan kemampuan SDM, perbaikan SOP, pembenahan struktur organisasi, dan penyusunan target serta rencana energi.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. JENIS - JENIS AUDIT ENERGI

- Audit Energi Singkat

Audit energi singkat (*walk through audit*) adalah kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang terseedia dan observasi, perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

Tabel 2.1 Kriteria IKE Bangunan Gedung Tidak Ber-AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m ² /bulan	<ul style="list-style-type: none"> a) Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konservasi energi listrik b) Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur c) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu
Cukup Efisien (1,67 – 2,5) kWh/m ² /bulan	<ul style="list-style-type: none"> a) Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi b) Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan
Boros (2,5 – 3,34) kWh/m ² /bulan	<ul style="list-style-type: none"> a) Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi
Sangat Boros (3,34 – 4,17) kWh/m ² /bulan	<ul style="list-style-type: none"> a) Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi b) Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan c) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional

- **Audit Energi Awal**

Audit energi awal (*preliminary audit*) adalah kegiatan audit energi yang tahapannya meliputi tahapan pada audit energi singkat tetapi dilengkapi dengan pengukuran sesaat.

- **Intensitas Konsumsi Energi (IKE)**

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m² per bulan atau kWh/m² per tahun).

$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi listrik}}{\text{Luas area}} \quad (2-1)$$

Nilai IKE penting untuk dijadikan sebagai tolak ukur seberapa besar potensi efisiensi energi yang mungkin diterapkan di area tersebut. Dengan membandingkan IKE dengan standar nasional, dapat diketahui apakah keseluruhan bangunan sudah efisien.

Tabel 2.2 Kriteria IKE Bangunan Gedung Ber-AC

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (4,17 – 7,92) kWh/m ² /bulan	a) Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi b) Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi
Efisien (7,93 – 12,08) kWh/m ² /bulan	a) Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur b) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu
Cukup Efisien (12,08 – 14,58) kWh/m ² /bulan	a) Penggunaan energi cukup efisien melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih memungkinkan b) Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi
Agak Boros (14,58 – 19,17) kWh/m ² /bulan	a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional

Menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional nilai IKE dari suatu bangunan gedung digolongkan dalam dua kriteria, yaitu untuk bangunan ber-AC dan bangunan tidak ber-AC. Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 menunjukkan kriteria IKE untuk bangunan gedung tidak ber-AC dan bangunan gedung ber-AC.

- **Audit Energi Rinci**

Audit energi rinci (*detail audit*) adalah kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit.

- **Peluang Konservasi Energi (PKE)**

Peluang konservasi energi (PKE) merupakan peluang yang mungkin bisa diperoleh dalam rangka penghematan energi dengan cara perbaikan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, atau melakukan tindakan konservasi energi pada fasilitas energi.

2.2. JENIS-JENIS SISTEM PENCAHAYAAN

Lampu adalah suatu komponen cahaya buatan yang berperan sebagai sumber cahaya. Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya buatan manusia selain dari cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat kebutuhan pencahayaan alami tidak mencukupi untuk menerangi sebuah ruang.

Ada berbagai jenis lampu yang umum tersedia di pasaran. Lampu yang sering dijumpai di bangunan gedung antara lain :

- **Lampu Pijar (*GLS/Incandescent*)**

Banyak bangunan gedung yang masih menggunakan lampu pijar dalam sistem pencahayaan. Dari segi keindahan, warna yang dihasilkan oleh lampu pijar memang lebih menarik. Biasanya lampu ini digunakan di taman, kamar

mandi, lampu tempat tidur, dan lampu meja. Tapi perlu diperhatikan lampu ini jenis lampu yang tidak efisien. Efikasi untuk lampu pijar hanya 12-15 lumens per watt. Hampir 95% dari keseluruhan daya listrik yang dikonsumsi oleh lampu ini diubah menjadi panas bukan cahaya. Lampu pijar mempunyai masa pakai yang pendek sekitar 1000 jam. Penggunaan lampu jenis ini sangat umum karena biaya awalnya yang rendah dan indeks renderasinya (Ra) optimal.

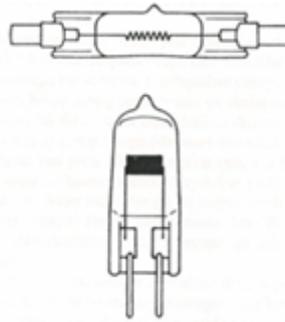


Sumber : Trevor Linsley, 2004, p. 175

Gambar 2.1 Beberapa Bentuk Lampu Hias GLS

- Lampu Halogen (Tungsten)

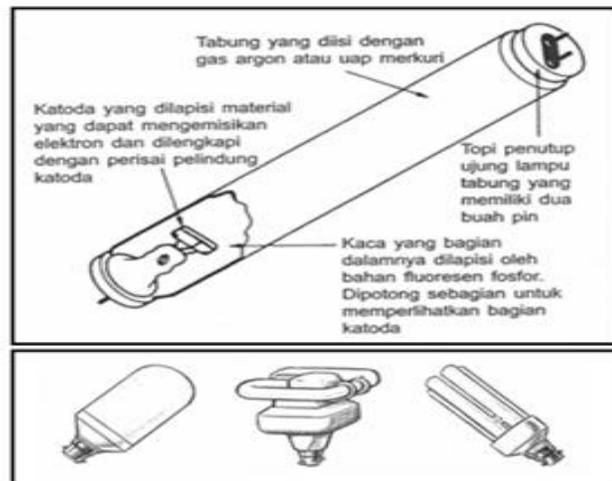
Lampu halogen adalah lampu *incandescent* yang ditambahkan gas halogen. Pada lampu pijar, temperatur kerja yang tinggi dari filamen akan membuat dinding bola lampu menjadi gelap yang berakibat pada berkurangnya cahaya keluaran lampu. Untuk lampu-lampu yang telah dioperasikan pada waktu yang cukup lama, akan terjadi penipisan filamen yang pada akhirnya membuat lampu mati total. Untuk mengatasi masalah ini, dinding bola lampu dari lampu halogen biasanya dilapisi dengan salah satu dari gas halogen berikut yaitu *iodium*, *klorin*, *bromine*, atau *florin* sehingga dapat terjadi reaksi kimia balik dengan prinsip siklus regeneratif yang mencegah penghitaman lampu. Hal ini menyebabkan efisiensi lampu halogen lebih tinggi dibandingkan lampu pijar antara 20% - 50% dan mempunyai umur yang lebih panjang mencapai 2000 jam.



Sumber : Trevor Linsley, 2004, p. 176
Gambar 2.2 Lampu Tungsten Halogen

- Lampu *Fluorescent*

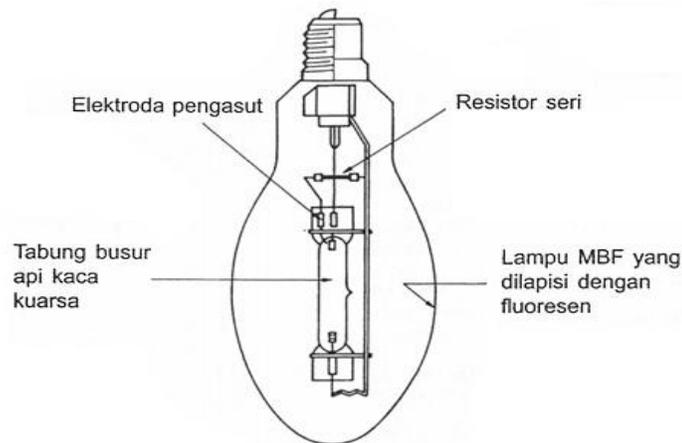
Lampu *fluorescent* terdiri dari tabung kaca yang tesekat, dilapisi warna putih di dalamnya dan diisi dengan gas inert dan sedikit merkuri. Jenis yang umum adalah Lampu *Fluorescent* (TL) dan Lampu *Compact Fluorescent* (CFL). Semua lampu *fluorescent* membutuhkan *ballast* untuk menyalakan (*start*) dan mengontrol proses pencahayaan. Efisiensi lampu *fluorescent* melebihi lampu pijar 5 sampai 8 kali, tergantung pada sistem pencahayaan. Lampu *fluorescent* membutuhkan investasi tinggi (sampai 10 kali), tetapi umur pemakaiannya 10 sampai 15 kali lebih lama. Lampu *fluorescent* memberikan indeks renderasi (Ra) mulai 60% sampai 85%. Lampu *fluorescent* cocok digunakan untuk perkantoran dan area komersial.



Sumber : Trevor Linsley, 2004, p. 177
Gambar 2.3 Konstruksi Lampu *Fluorescent* (atas)
Lampu *Compact Fluorescent* (bawah)

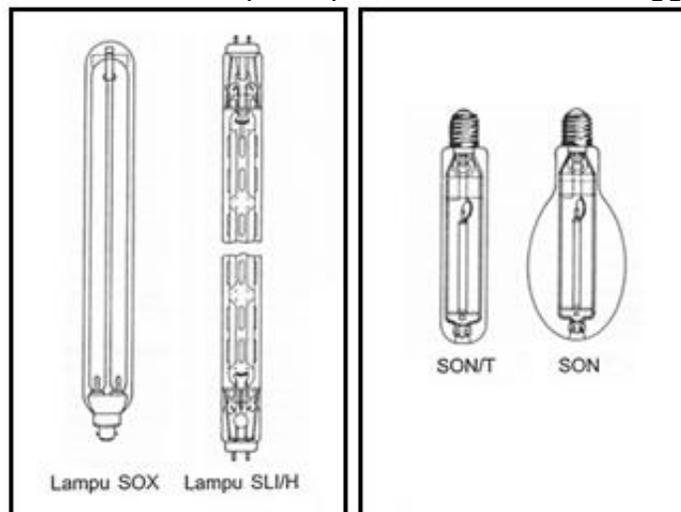
- Lampu Pelepasan Gas Lainnya

Lampu pelepasan gas lainnya merupakan pilihan untuk pencahayaan yang efisien. Lampu ini mempunyai banyak jenis yang berbeda, beragam harganya, umur pemakaian, warna dan kualitas cahaya. Lampu pelepasan gas lainnya umumnya terbatas untuk tujuan khusus. Efisiensi lampu ini umumnya diluar lampu biasa, yaitu sebesar lebih dari 10 kali. Semua lampu pelepasan gas membutuhkan *ballast*. Contoh lampu pelepasan gas lainnya adalah lampu uap merkuri tekanan tinggi, lampu sodium tekanan rendah, dan lampu sodium tekanan tinggi.



Sumber : Trevor Linsley, 2004, p. 179

Gambar 2.4 Lampu Uap Merkuri Tekanan Tinggi



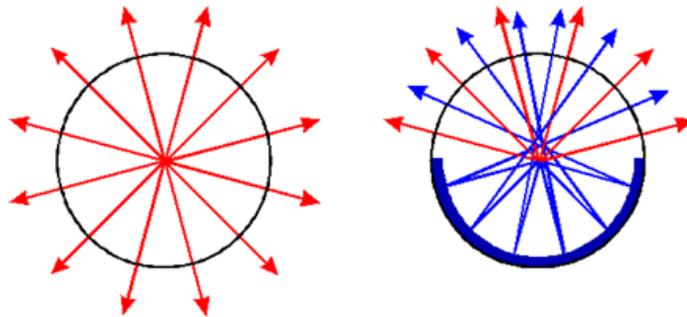
Sumber : Trevor Linsley, 2004, p. 180

Gambar 2.5 Lampu Sodium Tekanan Rendah (kiri)
Lampu Sodium Tekanan Tinggi (kanan)

Komponen Pencahayaan

- Luminer/reflektor

Elemen yang paling penting dalam perlengkapan cahaya, selain dari lampu, adalah reflektor. Reflektor berdampak pada banyaknya cahaya lampu mencapai area yang diterangi dan juga pola distribusi cahayanya. Tingkat pemantulan bahan reflektor dan bentuk reflektor berpengaruh langsung terhadap efektifitas dan efisiensi *fitting*. Cahaya lampu menyebar ke segala arah, termasuk ke atas (langit-langit ruangan). Pada Gambar 2.9 diberikan ilustrasi bahwa pemakaian reflektor dapat memantulkan cahaya lampu yang menyebar ke segala arah menjadi ke suatu bidang kerja yang dituju, sehingga luminasi pada area pencahayaan dapat meningkat.



Sumber :Wikipedia, 2012

Gambar 2.6 Keluaran Cahaya pada Lampu Tanpa Reflektor (kiri)
Keluaran Cahaya pada Lampu dengan Reflektor (kanan)

- Gir

Untuk lampu-lampu pelepasan muatan diperlukan adanya gir kendali tambahan dan rangkaianannya agar operasi lampu dapat berlangsung secara efisien dan aman. Gir yang digunakan dalam peralatan pencahayaan adalah sebagai berikut :

1. *Ballast*

Ballast adalah alat yang menghubungkan antara suplai daya dan satu atau lebih lampu *fluorescent* atau lampu pelepasan gas lainnya untuk membantu dalam penyalaan dan pengoperasiannya. *Ballast* terutama untuk membatasi arus ke nilai yang diminta, mengubah suplai tegangan

dan memberikan kondisi yang diperlukan untuk menyalakan lampu. Selama lampu beroperasi, *ballast* juga membutuhkan listrik. *Ballast* elektronik lebih efisien daripada *ballast* magnetik.

Keuntungan menggunakan *ballast* elektronik adalah sebagai berikut:

- a. *Ballast* elektronik mempunyai kerugian relatif rendah. penggantian *ballast* magnetik yang tidak efisien dengan *ballast* elektronik mempunyai potensial penghematan minimum 20%.
- b. Lampu *fluorescent* mempunyai efisiensi daya yang tinggi jika dioperasikan dengan *ballast* elektronik.
- c. *Ballast* elektronik memberikan kondisi penyalan yang halus pada lampu. Ini memberikan kepastian pemakaian lampu yang lama, dan karenanya biaya pemeliharaan berkurang.
- d. Satu *ballast* elektronik dapat beroperasi sampai 4 lampu, sedangkan satu *ballast* magnetik hanya dapat beroperasi 2 lampu.
- e. Kedipan pada lampu *fluorescent* dengan *ballast* magnetik 100 kali per detik, apabila menggunakan *ballast* elektronik dinyalakan dan dimatikan mempunyai kedipan 40.000 kali per detik, tidak kelihatan oleh mata. *Ballast* dapat dan tidak harus disatukan dengan luminer. Memadukan lampu dengan *ballast* dikenal dengan nama lampu *fluorescent* kompak (CFL) yang pemasangannya sesuai pemegang lampu dari lampu pijar.

2. *Ignitors*

Ignitors digunakan untuk penyalan awal lampu metal halide dan uap sodium intensitas tinggi.

2.3. SISTEM PENDINGIN UDARA

Sistem tata udara adalah keseluruhan sistem yang bekerja mengendalikan kondisi termal udara di dalam bangunan gedung melalui pengendalian besaran termal (seperti temperatur, kelembaban relatif), penyebaran udara serta kualitas

udara (kesegaran dan kebersihan), sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu kondisi ruang yang nyaman, segar dan bersih.

Sistem tata udara yang lengkap terdiri atas *heating, ventilating, and air conditioning* (HVAC). Sistem ini berfungsi untuk menjaga temperatur ruangan agar tetap terasa nyaman. Namun karena iklim di Indonesia adalah iklim tropis, maka untuk sistem tata udara yang umum digunakan adalah *air conditioner* (AC). *Air conditioner* di desain untuk mengatur kelembaban udara serta menghilangkan panas dari suatu area yang dikondisikan. Sistem ini bekerja dengan melakukan siklus refrigerasi untuk mendapatkan efek pendinginan. Pengkondisian udara merupakan pengolahan udara yang bertujuan untuk mengendalikan kondisi termal udara, kualitas udara, dan penyebarannya di dalam ruang dalam rangka pemenuhan persyaratan kenyamanan termal pengguna bangunan.

Pada *Air Conditioner* (AC) dikenal istilah *Coefficient of Performance* (COP) dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Berikut adalah definisinya berdasarkan RSNI3 (Revisi SNI 03-6390:2000) mengenai Standar Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung :

- Koefisien kinerja pendinginan (*Coefficient of Performance/COP*)
Merupakan angka perbandingan antara laju aliran kalor yang diserap oleh sistem pendinginan dengan laju aliran energi yang dimasukkan ke dalam sistem tersebut.
- Rasio efisiensi energi (*Energy Efficiency Ratio/EER*)
Merupakan perbandingan antara kapasitas pendinginan neto peralatan pendingin (Btu/jam) dengan seluruh masukan energi listrik (watt) pada kondisi operasi yang ditentukan. Bila digunakan satuan yang sama untuk kapasitas pendingin dan masukan energi listrik, nilai EER sama dengan COP.

Kinerja siklus refrigerasi biasanya digambarkan oleh koefisien kinerja (COP), yang didefinisikan sebagai manfaat dari siklus (jumlah panas yang dihilangkan) dibagi dengan masukan energi yang dibutuhkan untuk siklus operasi.

$$\text{COP} = \frac{\text{Efek pendinginan (kW)}}{\text{Energi input (kW)}} \quad (2-7)$$

Sedangkan efisiensi adalah kapasitas dalam watt dibagi dengan masukan dalam watt. Untuk pengatur temperatur udara ruangan, disebut sebagai rasio efisiensi energi (EER) atau koefisien kinerja (COP). Untuk mengkonversi EER ke COP, kalikan EER dengan 0,293 (ASHRAE, 2008).

$$EER = \frac{\text{Efek pendinginan (Btu/Jam)}}{\text{Energi input (W)}} \quad (2-8)$$

Berikut disajikan kriteria pemilihan AC *Splitt* berdasarkan nilai COP dan EER pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Pemilihan AC *Splitt*

COP	2,0	2,5 – 3,0	3,0 – 4,0	4,0	6,0
EER	6,8	8,5 – 10	11 - 14	> 14	20
Kriteria Evaluasi	Sangat buruk	Buruk	Baik	Baik sekali	Superior

Komponen AC

Pada mesin pendingin terdapat fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Fluida kerja pada mesin pendingin atau yang biasa disebut refrigeran, merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena dialah yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. ASHRAE (2005) mendefinisikan refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi, pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, biasanya melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi.

Udara dingin yang dihasilkan oleh *air conditioner* merupakan keluaran dari sistem yang terdiri dari empat komponen pokok, yaitu kompresor, kondensor *heat exchanger*, katup ekspansi termal, dan evaporator *heat exchanger*. Berikut adalah penjelasan mengenai peran masing-masing komponen tersebut:

- Kompresor

Kompresor merupakan unit tenaga dalam sistem AC. Ketika AC dijalankan, kompresor AC mengubah refrigeran yang berupa cairan bertekanan rendah

menjadi gas yang bertekanan tinggi. Gas bertekanan tinggi ini kemudian diteruskan menuju kondensor.

Ada 3 kerja yang dilakukan oleh kompresor yaitu :

1. Fungsi penghisap

Proses ini membuat cairan refrigeran dari evaporator dikondensasi dalam temperatur yang rendah ketika tekanan refrigeran dinaikkan.

2. Fungsi penekanan

Proses ini membuat gas refrigeran dapat ditekan sehingga membuat temperatur dan tekanannya tinggi lalu disalurkan ke kondensor, dan dikabutkan pada temperatur yang tinggi.

3. Fungsi pemompaan

Proses ini dapat dioperasikan secara kontinyu dengan mensirkulasikan refrigeran berdasarkan hisapan dan kompresi.

▪ Kondensor

Kondensor di dalam sistem *air conditioner* merupakan alat yang digunakan untuk merubah gas refrigeran bertekanan tinggi menjadi cairan bertekanan tinggi. Kondensor dapat menghilangkan panas dari refrigeran ke temperatur atmosfer. Komponen ini melakukan hal tersebut dengan cara memindahkan panas ke udara atau ke *intermediate fluid* (semacam air larutan yang mengandung *ethylene glycol*).

▪ Katup ekspansi

Katup ekspansi merupakan komponen penting dalam sistem *air conditioner*. Katup ini dirancang untuk mengontrol aliran cairan pendingin serta merubah wujud cairan menjadi uap ketika zat pendingin meninggalkan katup pemuai dan memasuki evaporator/pendingin. Untuk itulah pada saluran masuk evaporator dipasang katup ekspansi. Bekerjanya katup ekspansi diatur sedemikian rupa agar membuka dan menutupnya katup sesuai dengan temperatur evaporator atau tekanan di dalam sistem.

- **Evaporator**

Refrigeran menyerap panas dalam ruangan melalui kumparan pendingin kemudian kipas evaporator meniupkan udara dingin ke dalam ruangan. Refrigeran dalam evaporator mulai berubah kembali menjadi uap bertekanan rendah, tetapi masih mengandung sedikit cairan. Campuran refrigeran kemudian masuk ke akumulator/pengering. Ini berlaku seperti mulut kedua bagi cairan yang mengubah refrigeran menjadi uap bertekanan rendah yang murni, sebelum melalui kompresor AC untuk memperoleh tekanan dan beredar dalam sistem lagi. Biasanya, evaporator dipasang silikon yang berfungsi untuk menyerap kelembapan dari refrigeran. Rumah evaporator bagian bawah dibuat saluran/pipa untuk keluarnya air yang mengumpul di sekitar evaporator akibat udara yang lembab. Air ini juga akan membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada kisi-kisi evaporator, karena kotoran itu akan turun bersama air.

2.4. PENGAMAN-PENGAMAN DALAM INSTALASI LISTRIK

2.5.1. Circuit Breaker

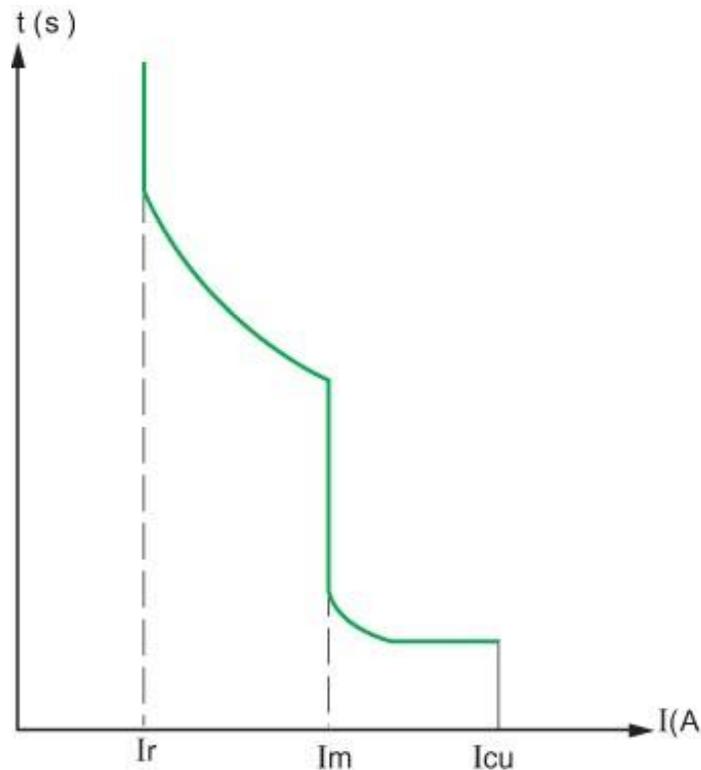
Pada saat ini Circuit Breaker atau yang biasa disingkat CB umum digunakan sebagai gawai pengaman pada instalasi dan distribusi tenaga listrik karena kepraktisannya. Namun pemilihan CB untuk sebuah rangkaian listrik tentu bukan sembarangan, ada faktor-faktor yang haruslah diperhitungkan agar dapat bekerja secara handal sesuai fungsi pengaman yang telah disebutkan diatas. Secara spesifik prinsip kerja CB adalah sebagai berikut:

1. Pemutus arus yaitu sebagai pemutus arus listrik dari sumber ke arah beban yang bisa dilakukan dengan cara manual ataupun otomatis.
2. Pengaman arus lebih yang bekerja secara otomatis bila CB mendeteksi arus listrik yang melebihi rating-nya. Misalnya, suatu CB mempunyai rating arus listrik 6A tetapi arus listrik aktual yang mengalir melalui CB tersebut ternyata 7A, maka CB akan trip dengan delay waktu tertentu sejak CB ini

mendeteksi arus lebih tersebut. Perhitungan rating CB ini mengacu pada perhitungan Arus Nominal yang melewati rangkaian ke beban.

3. Pengaman arus hubung singkat yang bekerja secara otomatis bila CB arus listrik yang sangat besar seketika yang mengalir pada sistem instalasi listrik yang terjadi karena hubung singkat arus listrik. Penentuan kemampuan kerja CB pada hubung singkat mengacu pada perhitungan Arus Hubung Singkat yang terjadi pada sistem instalasi listrik tersebut.

Pada fungsi CB sebagai pengaman arus hubung singkat, unjuk kerja *thermal-magnetic* trip pada sebuah CB dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 2.7 Grafik *Thermal-magnetic* trip CB

Dimana:

I_r : Overload (thermal or long-delay) relay trip-current setting

I_m : Short-circuit (magnetic or short-delay) relay trip-current setting

I_{cu} : Breaking capacity

Dari gambar diatas terlihat hubungan antara besarnya beban lebih atau arus hubung singkat terhadap waktu yang dibutuhkan CB untuk bekerja. Semakin besar

arus gangguan maka semakin cepat respon CB untuk melakukan pemutusan (trip). Namun demikian besarnya arus hubung singkat yang dapat ditanggung oleh CB tetap dibatasi agar dapat bekerja seketika secara aman ($t = 0s$), batasan ini dikenal dengan istilah *breaking capacity* (dalam gambar disebut I_{cu}).

2.5.2. Mini Circuit Breaker (MCB)

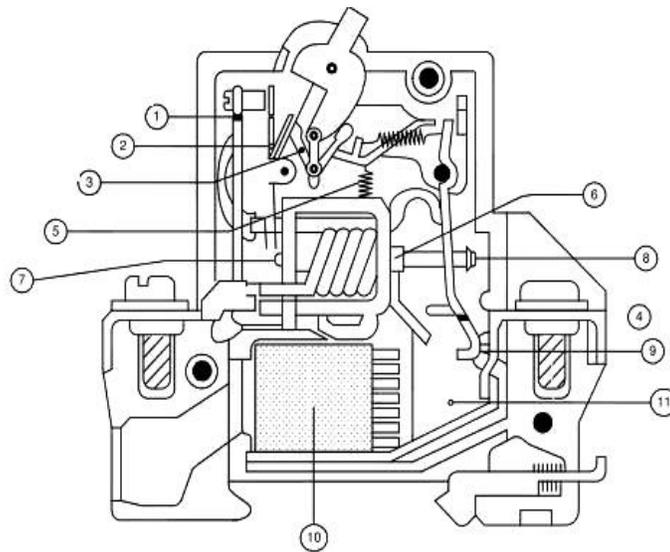
MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah yang mempunyai peran penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem pengaman dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik. Kegagalan fungsi dari MCB ini berpotensi menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti timbulnya percikan api karena hubung singkat yang akhirnya bisa menimbulkan kebakaran.

Dalam fungsi pengaman beban lebih MCB bekerja bila mendeteksi arus listrik yang melebihi *rating*-nya. Misalnya, suatu MCB mempunyai *rating* arus listrik 6A tetapi arus listrik aktual yang mengalir melalui MCB tersebut ternyata 7A, maka MCB akan *trip* dengan *delay* waktu yang cukup lama sejak MCB ini mendeteksi arus lebih tersebut. Bagian di dalam MCB yang menjalankan tugas ini adalah sebuah *strip bimetal*. Arus listrik yang melewati *bimetal* ini akan membuat bagian ini menjadi panas dan memuai atau mungkin melengkung. Semakin besar arus listrik maka *bimetal* akan semakin panas dan memuai dimana pada akhirnya akan memerintahkan *switch* mekanis MCB memutus arus listrik dan *toggle switch* akan pindah ke posisi "OFF". Lamanya waktu pemutusan arus ini tergantung dari besarnya arus listrik. Semakin besar tentu akan semakin cepat. Fungsi *strip bimetal* ini disebut dengan *Thermal Trip*. Saat arus listriknya sudah putus, maka *bimetal* akan mendingin dan kembali normal. MCB bisa kembali mengalirkan arus listrik dengan mengembalikan ke posisi "ON".

Fungsi pengaman hubung singkat bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik yang menimbulkan arus listrik yang sangat besar dan mengalir dalam sistem instalasi listrik rumah. Bagian MCB yang mendeteksi adalah bagian *magnetic trip* yang berupa *solenoid* (bentuknya seperti *coil/lilitan*), dimana besarnya arus listrik

yang mengalir akan menimbulkan gaya tarik magnet di *solenoid* yang menarik *switch* pemutus aliran listrik. Sistem kerjanya cepat, karena bertujuan menghindari kerusakan pada peralatan listrik. Bagian *bimetal strip* sebenarnya juga merasakan arus hubung singkat ini, hanya saja reaksinya lambat sehingga kalah cepat dari solenoid ini.

Kedua fungsi tersebut sudah dirangkai menjadi satu kesatuan dalam sebuah MCB secara kompak dan praktis. Adapun bentuk rangkaian di dalam MCB dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.8 Bagian – bagian MCB

Keterangan gambar :

1. Batang Bimetal
2. Batang Penekan
3. Tuas Pemutus Kontak
4. Lengan Kontak yang bergerak
5. Pegas Penarik Kontak
6. Trip Koil
7. Batang Pendorong
8. Batang Penerik Kontak
9. Kontak Tetap

10. Kisi Pemadam Busur Api
11. Plat Penahan dan Penyalur Busur Api.

MCB memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus



Gambar 2.9. Tampak Muka bentuk MCB

2.5.3. MCCB

MCCB merupakan sebuah pemutus tenaga yang memiliki fungsi sama dengan MCB, yaitu mengamankan peralatan dan instalasi listrik saat terjadi hubung singkat dan membatasi kenaikan arus karena kenaikan beban. Hanya saja yang membedakan MCCB dengan MCB adalah casingnya, dimana untuk MCB tiga fasa memiliki casing dari tiga buah MCB satu fasa yang dikopel secara mekanis sementara MCCB memiliki tiga buah terminal fasa dalam satu casing yang sama. Itulah sebabnya MCCB dikenal sebagai *Molded Case Circuit Breaker*.



Gambar 2.10 MCCB

2.5.4. ACB

ACB (Air Circuit Breaker) merupakan jenis circuit dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses switching maupun gangguan. Pengoperasian pada bagian mekanik ACB dapat dilakukan dengan bantuan solenoid motor ataupun pneumatik.



Gambar 2.11 ACB (Air Circuit Breaker)

2.5.5. ELCB

ELCB adalah sebuah alat pemutus ketika terjadi kontak antara arus positif, arus negatif dan grounding pada instalasi listrik. Dan yang lebih penting lagi ELCB bisa memutuskan arus listrik ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia.

Komponen ELCB tidak dilengkapi dengan pengaman thermal dan magnetis, sehingga ELCB harus diamankan terhadap hubung singkat oleh MCB sisi atasnya. Biasanya ELCB dapat dipadukan dengan alat Bantu (auxiliary) seperti OFS, MX, MN yang menyediakan fasilitas signaling jarak jauh dan trip jarak jauh. ELCB mempunyai mekanisme trip tersendiri dan juga dapat dioperasikan secara manual seperti saklar. Alat ini digunakan jika pengaman arus bocor dibutuhkan pada sekelompok sirkit yang maksimum terdiri dari 4 sirkit.

Cara kerja ELCB secara sederhana diuraikan sebagai berikut : Pada umumnya, bila peralatan listrik bekerja normal, maka total arus yang mengalir pada kawat “plus” dan “netral” adalah sama sehingga tidak ada perbedaan arus. Namun bila seseorang tersengat listrik, maka kawat “plus” akan mengalirkan arus tambahan melewati tubuh orang yang tersengat ke tanah.



Gambar 2.12 ELCB

2.5. Bahaya Listrik

Bahaya listrik dibedakan menjadi dua, yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder.

Bahaya primer adalah bahaya-bahaya yang disebabkan oleh listrik secara langsung, seperti bahaya sengatan listrik dan bahaya kebakaran atau ledakan. Sedangkan bahaya sekunder adalah bahaya-bahaya yang diakibatkan listrik secara tidak langsung. Namun bukan berarti bahwa akibat yang ditimbulkannya lebih ringan dari yang primer. Contoh bahaya sekunder antara lain adalah tubuh/bagian tubuh terbakar baik langsung maupun tidak langsung, jatuh dari suatu ketinggian, dan lain-lain.

2.6.1 Dampak sengatan listrik bagi manusia antara lain adalah:

1. Gagal kerja jantung (Ventricular Fibrillation), yaitu berhentinya denyut jantung atau denyutan yang sangat lemah sehingga tidak mampu mensirkulasikan darah dengan baik. Untuk mengembalikannya perlu bantuan dari luar.
2. Gangguan pernafasan akibat kontraksi hebat (suffocation) yang dialami oleh paru-paru.
3. Kerusakan sel tubuh akibat energi listrik yang mengalir di dalam tubuh,
4. Terbakar akibat efek panas dari listrik.

2.6.2 Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik.

Ada tiga faktor yang menentukan tingkat bahaya listrik bagi manusia, yaitu tegangan (V) , arus (I) dan tahanan (R) . Ketiga faktor tersebut saling mempengaruhi antara satu dan lainnya yang ditunjukkan dalam hukum Ohm, Tegangan (V) dalam satuan volt (V) merupakan tegangan sistem jaringan listrik atau sistem tegangan pada peralatan. Arus (I) dalam satuan ampere (A) atau mili- ampere (mA) adalah arus yang mengalir dalam rangkaian, dan tahanan (R) dalam satuan ohm, kilo ohm atau mega ohm adalah nilai tahanan atau resistansi total saluran yang tersambung pada sumber tegangan listrik.

Bila dalam hal ini titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (peng-hantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut.

Tingkat bahaya listrik bagi manusia, salah satu faktornya ditentukan oleh tinggi rendah arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita. Sedangkan kuantitas arus akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh manusia serta tahanan lain yang menjadi bagian dari saluran. Berarti peristiwa bahaya listrik berawal dari sistem tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan alat. Semakin tinggi sistem tegangan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahayanya. Jaringan listrik tegangan rendah di Indonesia mempunyai tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5 dan sistem tegangan yang digunakan di Indonesia adalah: fasa-tunggal 220 V, dan fasa-tiga 220/380 V dengan frekuensi 50 Hz. Sistem tegangan ini sungguh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia.

BAB III

GAMBARAN UMUM

3.1 DESKRIPSI BANGUNAN

3.1.1. PROFIL UMUM

Salah satu bangunan gedung baru di Fakultas Teknik adalah Kantor Pusat Layanan Terpadu atau yang sering disingkat KPLT merupakan gedung dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Gedung KPLT berfungsi sebagai gedung layanan untuk mahasiswa, gedung kerja dan gedung rapat.

Gedung KPLT ini menghadap ke utara yang terdiri dari tiga lantai. Lantai 1 terdiri dari dua bagian yaitu sayap barat dan sayap timur. Sayap timur berfungsi sebagai tempat layanan kegiatan kemahasiswaan dan ruang Wakil Dekan 3. Sayap barat terdiri dari ruang Wakil Dekan 2, administrasi keuangan dan layanan sarana prasarana. Sama seperti lantai 1, lantai 2 juga terdiri dari dua bagian dan Hall di tengah ruangan. Sayap timur terdiri dari ruang rapat dan sayap barat terdiri dari ruang Dekan dan Wakil Dekan 1. Lantai 3 berfungsi sebagai Aula, tempat seminar dan terdapat dua ruang kelas.



Gambar 3. Gedung KPLT Tampak Depan

A. Sumber Energi

Sumber energi yang digunakan adalah bersumber dari listrik PLN dengan kapasitas daya terpasang sebesar 66.000 VA, tariff S2 . Gedung KPLT FT.UNY ini juga dilengkapi dengan generator set (Genset) sebagai sumber energi cadangan yang digunakan saat listrik mati. Generator set pada gedung dilengkapi dengan sistem AMF (*Automatic Main Failure*) dan ATS (*Automatic Transfer Switch*) untuk switching otomatis.

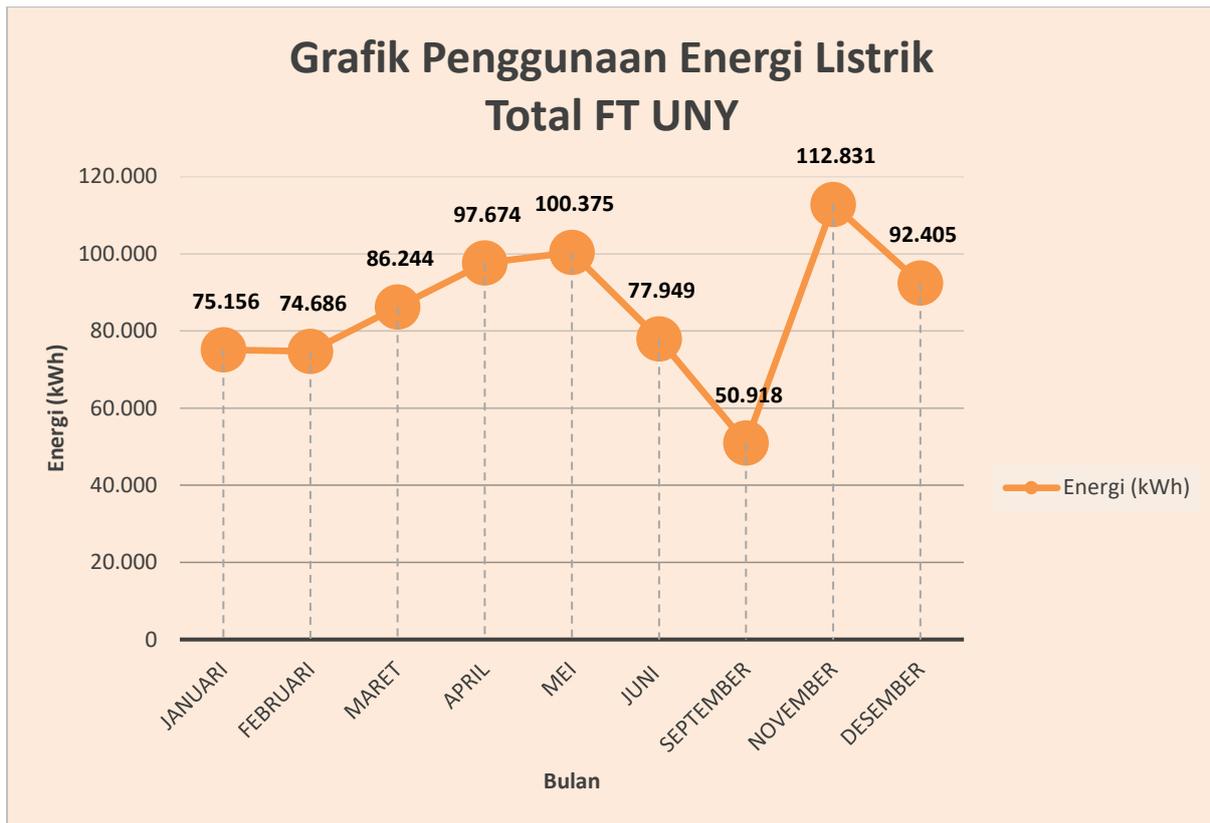
B. Penggunaan Energi

Penggunaan energi utama pada Gedung KPLT FT.UNY dipasok dari sumber PLN. Tabel dibawah ini menunjukkan penggunaan/konsumsi energi bulanan pada tahun 2015 dan 2016. Biaya energi listrik pada tahun tersebut mengalami fluktuasi naik dan turun. Tabel 1 berikut menyajikan biaya energi bulanan berdasarkan pengumpulan data yang diperoleh dari pihak obyek audit dan data dari PLN.

Tabel 1. Penggunaan Energi Bulanan Gedung KPLT FT.UNY

No	Bulan	Tahun	kWh	Tagihan
1	Januari	2022	75,156	Rp58,389,600.00
2	Februari	2022	74,686	Rp59,556,240.00
3	Maret	2022	86,244	Rp68,089,140.00
4	April	2022	97,674	Rp77,291,760.00
5	Mei	2022	100,375	Rp79,751,880.00
6	Juni	2022	77,949	Rp62,177,460.00
7	September	2022	50,918	Rp42,917,690.00
8	November	2022	112,831	Rp88,610,700.00
9	Desember	2022	92,405	Rp73,130,100.00

Berdasarkan tabel diatas dapat dibuat grafik mengenai konsumsi energi listrik dan biaya tagihan listrik dari FT. UNY seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Penggunaan Energi Listrik di Gedung KPLT FT.UNY

C. Nilai Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah jumlah penggunaan energi tiap meter persegi luas bangunan dalam suatu kurun waktu tertentu. Luas gedung Gedung KPLT FT. UNY adalah 1.108,58 m². Konsumsi energi listrik total Gedung KPLT FT. UNY pada satu tahun sebesar 10.8875,5 kWh. Perhitungan IKE dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{IKE} = \frac{\text{Total kWh pertahun}}{\text{Total Luas (efektif)}}$$

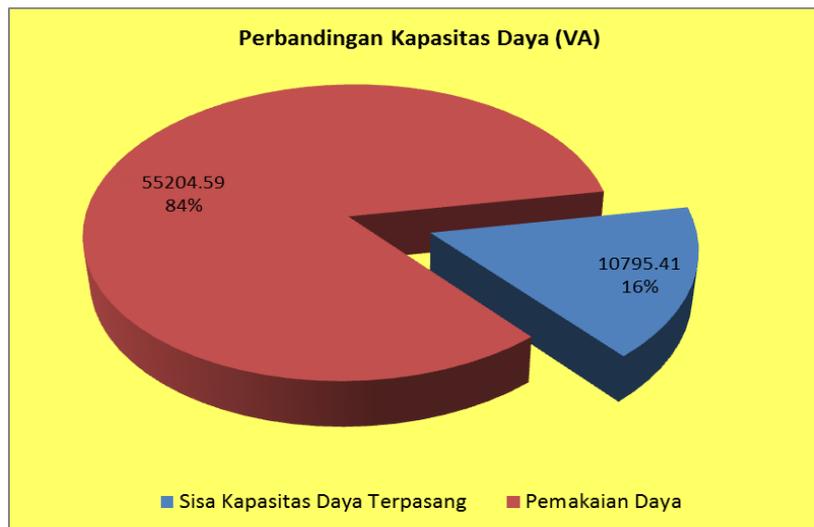
$$\text{IKE} = \frac{10.8875,5}{1.108,58} = 98,21 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$$

Nilai perhitungan ini bila merujuk pada standar IKE ASEAN-USAID masih berada di bawah batas standar. Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa **nilai IKE Gedung KPLT FT. UNY termasuk kategori efisien.**

D. Sistem Kelistrikan

Berdasarkan wawancara dengan personil terkait. peninjauan ke lapangan (*walk trough*). pengukuran sesaat serta pengukuran secara *real-time* dan kontinu menggunakan peralatan ANALYST 3Q. Dari kegiatan tersebut akan diperoleh hasil yang menyangkut beberapa hal terkait sisi kelistrikan.

Gedung KPLT FT.UNY mempunyai 1 langganan listrik sebesar 66 kVA, dengan jenis tariff S2. Gambar 6 menunjukkan perbandingan antara kapasitas daya terpasang dengan pemakaian daya (kondisi maksimal).



Gambar 5. Perbandingan Daya Terpasang dengan Daya Terpakai

Berdasarkan pie chart tersebut, pada kondisi maksimal, penggunaan beban (konsumsi daya) sudah mencapai nilai 84% dari daya terpasang. Sisa kapasitas daya terpasang 16%, tentunya belum begitu aman untuk mejamin keterhandalan sistem, sehingga perlu direncanakan dan dipertimbangkan terkait penambahan daya terpasang

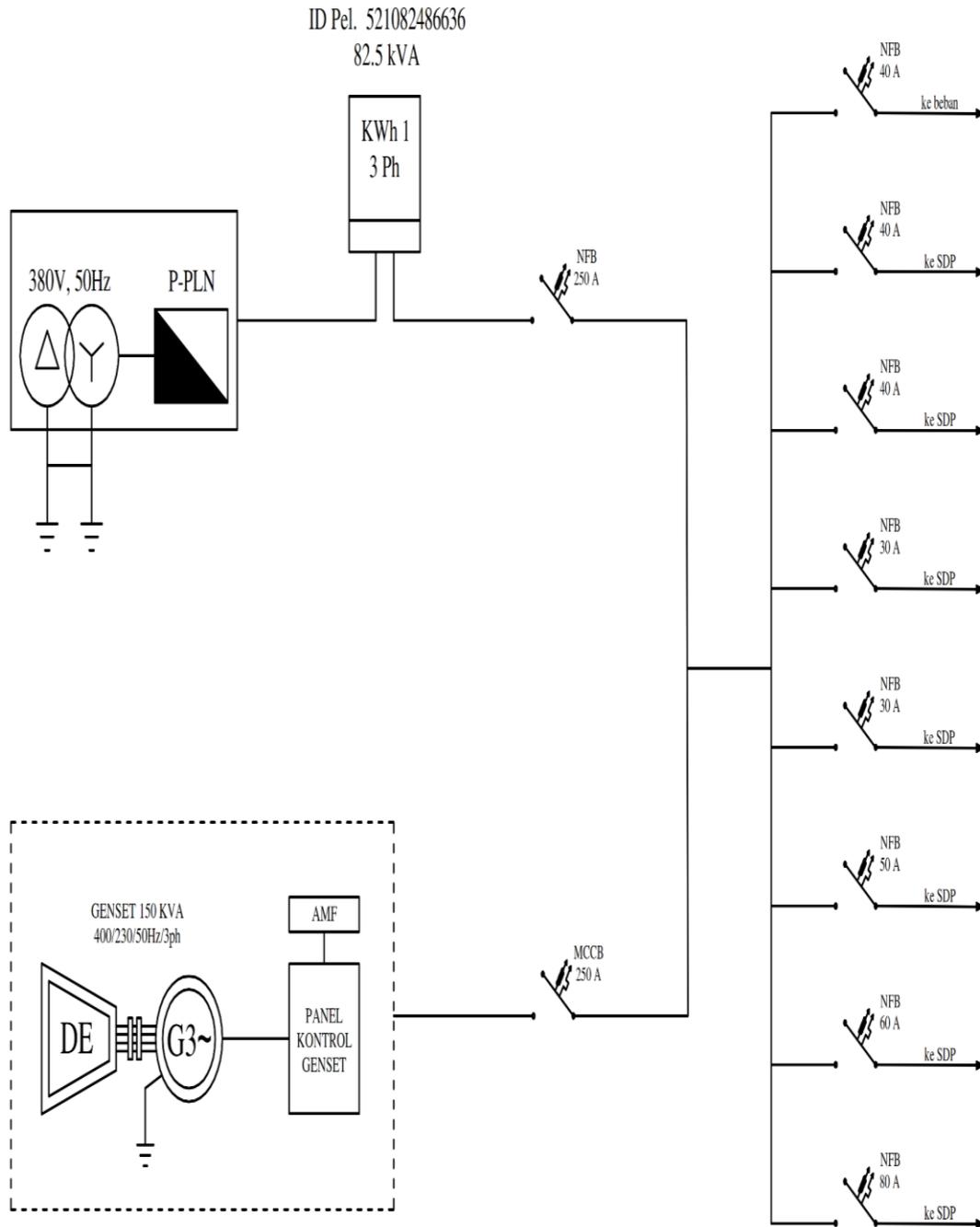
Berdasarkan pengukuran dan record yang telah dilakukan, dapat diketahui nilai dari besaran-besaran listrik yang mempengaruhi kualitas daya listrik antarlain; berikut analisis dari parameter-parameter terkait kualitas daya listrik.

3.1.2. SUMBER ENERGI DAN SISTEM KELISTRIKAN

Sumber listrik yang dipergunakan oleh kantor BBTCLPP Yogyakarta berasal dari sumber PLN dengan kapasitas daya terpasang total 148,5 kVA terbagi dalam 2 kapasitas daya. Langganan daya tersebut masing-masing 82,5 kVA sistem 3 phase

dan 66 kVA sistem 3 phase. Diagram kelistrikan dari gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta ditunjukkan pada gambar 3.1.2 dibawah ini.

SINGLE LINE DIAGRAM)



Gambar 3.1.2a. Single Line Diagram

INTENSITAS KONSUMSI ENERGI

Menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional nilai IKE dari suatu bangunan gedung digolongkan dalam dua kriteria, yaitu untuk bangunan ber-AC dan bangunan tidak ber-AC.

Tabel 3.1.3a. Kriteria IKE Bangunan Gedung Tidak Ber-AC

Kriteria	IKE (kWh/m ² /t hn)	Keterangan
Sangat boros	40.08 – 50.04	a. Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi b. Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan c. Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan
Boros	30 – 40.08	a. Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari b. Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energy
Cukup efisien	20.04 – 30	a. Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi b. Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan
Efisien	10.08 – 20.04	a. Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konversi energi listrik b. Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur c. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan system manajemen energi terpadu

Tabel 3.1.3b. Kriteria IKE Bangunan Gedung ber-AC

Kriteria	IKE (kWh/m ² /t hn)	Keterangan
Sangat boros	285 – 450	a. Agar ditinjau ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan b. Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan
Boros	230.04 – 285	a. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari b. Instalasi peralatan dan desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi
Agak boros	174.96 – 230.04	a. Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan b. Desain bangunan maupun pemeliharaan dan

Kriteria	IKE (kWh/m ² /t hn)	Keterangan
		pengoperasian gudang belum mempertimbangkan konservasi energy
Cukup efisien	144.96 – 174.96	a. Penggunaan energi cukup efisien melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih memungkinkan b. Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energy
Efisien	95.16 – 144.96	a. Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur b. Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan system manajemen energi terpadu

3.2.2. SISTEM MANAJEMEN ENERGI

Pemanfaatan energi yang tidak berdasarkan suatu pengelolaan yang baik (terarah, terencana, berkesinambungan) tidak akan mendapatkan suatu nilai tambah dari pemanfaatan energinya. Nilai tambah yang dimaksud adalah: Nilai tambah bagi internal perusahaan (energi yang optimal dapat meningkatkan profit melalui peningkatan daya saing usahanya, hal ini disebabkan oleh menurunnya biaya produksi dari komponen biaya energi).

Nilai tambah bagi eksternal perusahaan/nilai tambah bagi lingkungan (semakin optimalnya pemanfaatan energi secara akumulasi akan bermanfaat kepada berkurangnya jumlah energi yang dibakar/dikonversikan akibatnya emisi CO₂ akan berkurang hal ini akan mengurangi pencemaran lingkungan).

Dari kedua nilai tambah diatas maka optimalisasi/efisiensi energi ini akan berdampak/membawa nilai positif untuk:

- a. Daya saing meningkat.
- b. Pertumbuhan ekonomi meningkat/berkesinambungan.
- c. Lingkungan hidup yang berkualitas dan berkesinambungan.
- d. Kualitas hidup meningkat.

Agar maksud dan tujuan efisiensi energi memenuhi sarasanya maka sistem manajemen energi sangat diperlukan, mengingat pola pemanfaatan energi tanpa dimonitoring umumnya selalu terjadi yang namanya:

- a. *Snob Effect* dan;
- b. Pola operasi mesin yang senantiasa akan mengalami derating.

Snob effect (rasa sombong), merupakan fenomena apabila suatu tingkat/target efisiensi energi telah dicapai kemudian timbul rasa bangga/sombong dan merasa sudah tercapai sehingga tidak perlu untuk mengejar target (program) efisiensi energi. Pola operasi mesin, lambat laun (tergantung pola operasi/pembebanan peralatan) akan mengalami yang namanya derating/menurunnya performansi (kinerja), hal ini akan berdampak pada pola konsumsi energi yang akan meningkat tanpa dibarengi output sehingga efisiensi peralatan akan turun (konsumsi energi akan mengarah ke pemborosan energi).

Untuk menghindari hal tersebut maka perlu untuk diterapkannya sistem manajemen energi. Dengan sistem monitoring yang teratur, serta perencanaan yang baik dimana target-target penghematan direncanakan berdasarkan hal-hal yang mungkin dicapai dan direalisasikan dan program efisiensi energi terus berjalan secara berkesinambungan (terencana, terarah), maka *snob effect* dan terlambatnya identifikasi terjadinya derating di peralatan akan dapat dihindari sehingga pemborosan energi dapat dihindari.

Kunci keberhasilan SME (Sistem Manajemen Energi) ini tergantung pada, hal berikut ini:

- a. Komitmen manajemen puncak.
- b. Organisasi sebagai pelaksana/penanggung jawab.
- c. Sistem monitoring/pemantauan dan reporting/pelaporan energi.
- d. Implementasi program penghematan energi.

BAB IV

ANALISIS DAN PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

5.1. ANALISIS KINERJA ENERGI

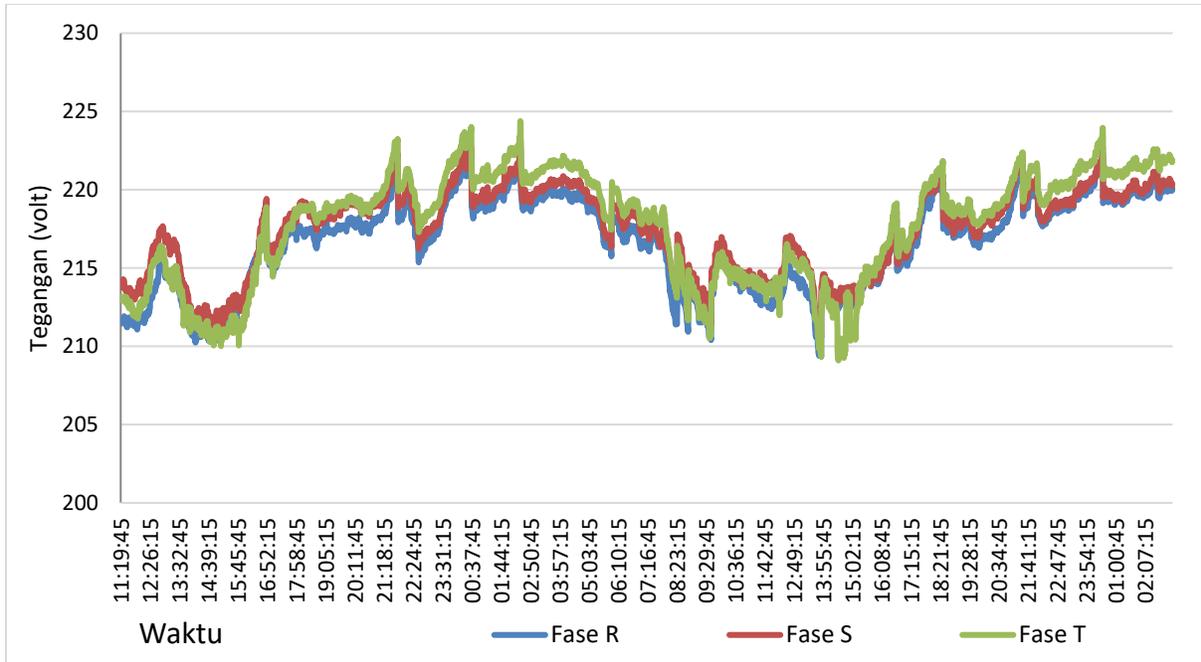
5.1.1. SISTEM KELISTRIKAN

Pengertian kualitas daya adalah menunjukkan statistik dari suatu sistem yang dapat bekerja sebesar 99,98 persen. Kualitas daya dan faktor ekonomis saling berhubungan. Faktor ekonomis sangat tergantung kepada pemilihan peralatan yang akan dioperasikan dan pensuplaian pada peralatan yang menjadi beban listrik. Dengan adanya kualitas daya yang baik maka faktor ekonomis dapat ditekan seminimal mungkin. Besaran listrik yang diperhatikan dan sekaligus menentukan baik atau tidaknya kualitas daya listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta antara lain; tegangan, arus, daya aktif, daya semu, daya reaktif, frekuensi, harmonisa, faktor daya.

Hasil pengukuran beberapa parameter penting pada panel-panel MDP di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta diperoleh dengan melakukan pengukuran dan record data menggunakan alat ukur *power quality analyzer*. Berdasarkan pengukuran dan record yang telah dilakukan, berikut analisis dari parameter-parameter terkait kualitas daya listrik.

5.1.1.1 Tegangan Fasa

Nilai tegangan hasil pengukuran di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang diukur pada panel MDP secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.1.



Gambar 5.1.1.1a. Profil Tegangan Fasa pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.1b. Profil Tegangan Fasa pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.1 tersebut, nilai tegangan pada masing-masing fasa di panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.1a. Nilai Tegangan Fasa pada Panel MDP 555 kVA

Tegangan Fasa	VR-N (Volt)	VS-N (Volt)	VT-N (Volt)
Nilai Minimum	200.47	198.74	199.33
Nilai Rata-rata	206.65	210.26	205.82
Nilai Maksimum	215.05	218.30	214.10

Tabel 5.1.1.1b. Nilai Tegangan Fasa pada Panel MDP 66 kVA

Tegangan Fasa	VR-N (Volt)	VS-N (Volt)	VT-N (Volt)
Nilai Minimum	197.26	201.60	198.81
Nilai Rata-rata	204.42	208.88	205.43
Nilai Maksimum	214.63	220.19	216.26

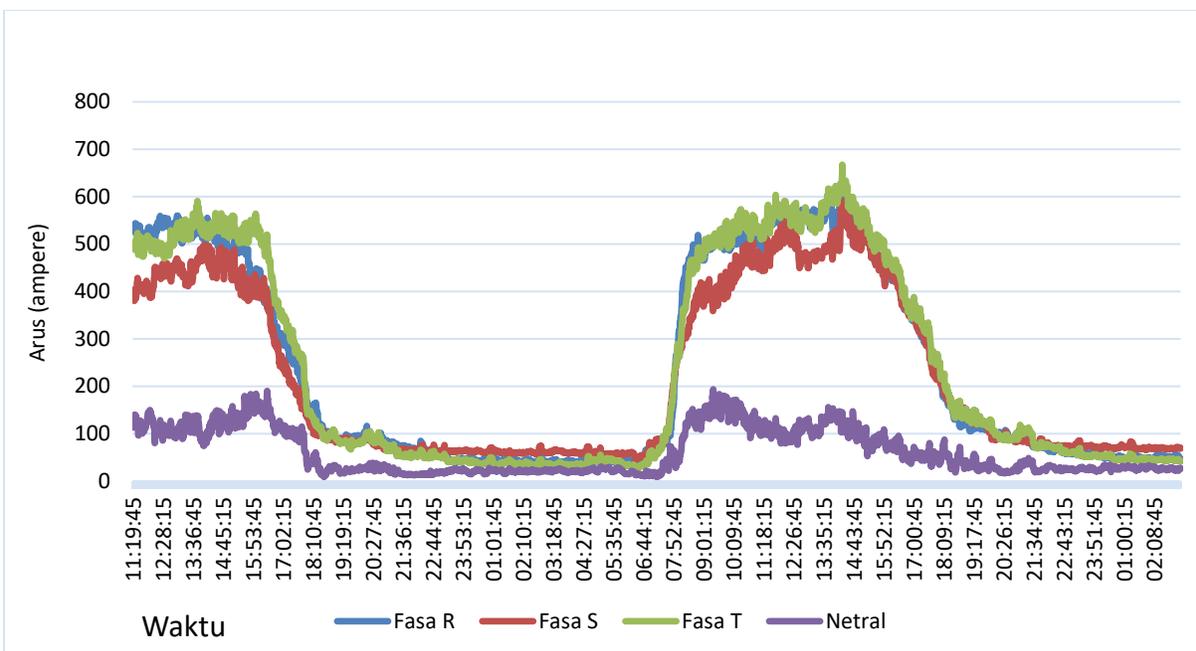
Berdasarkan tabel di atas, nilai tegangan fasa pada setiap fasa berbeda yang menyebabkan muncul nilai unbalance voltage. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai unbalance voltage rata-rata pada:

- a. Panel MDP 555 kVA: sebesar 1,29 %
- b. Panel MDP 66 kVA: sebesar 1,27 %

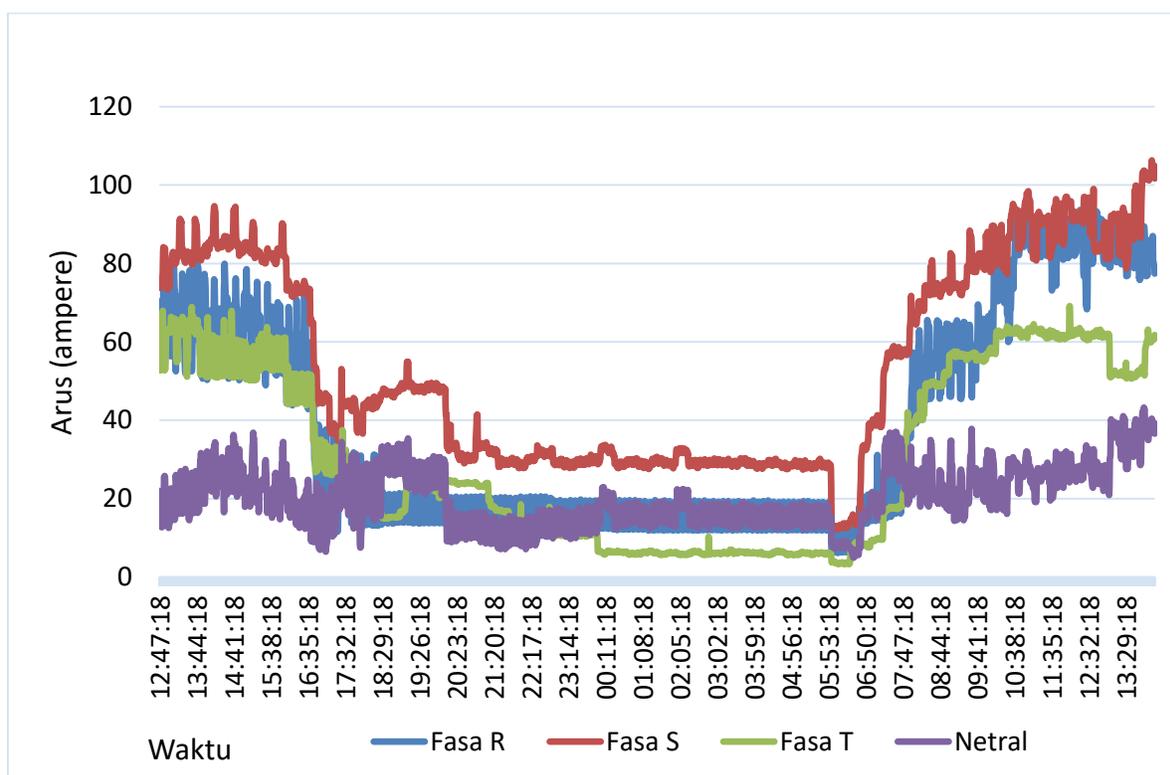
Nilai unbalance voltage Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta: pada **panel 1 dan 2 sudah melebihi batas** standar yang ditetapkan oleh NEMA yaitu 1%. Tegangan tidak seimbang mengakibatkan terjadinya losses (rugi daya) serta berakibat juga pada pengurangan usia pakai dari peralatan 3 fasa yang terhubung pada sistem

5.1.1.2 Arus Fasa

Nilai arus fasa berdasarkan hasil pengukuran di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang diukur pada panel MDP secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.2.



Gambar 5.1.1.2a. Profil Arus pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.2b. Profil Arus pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.2 tersebut, nilai arus pada masing-masing fasa di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.2a. Nilai Arus Fasa pada Panel MDP 555 kVA

Arus Fasa	Fasa R (ampere)	Fasa S (ampere)	Fasa T (ampere)	Arus Netral (ampere)
Nilai Minimum	28.77	44.95	50.84	8.71
Nilai Rata-rata	48.91	69.52	77.40	27.40
Nilai Maksimum	60.79	86.35	95.26	46.38

Tabel 5.1.1.2b. Nilai Arus Fasa pada Panel MDP 66 kVA

Arus Fasa	Fasa R (ampere)	Fasa S (ampere)	Fasa T (ampere)	Arus Netral (ampere)
Nilai Minimum	34.54	52.73	33.96	13.51
Nilai Rata-rata	49.72	60.63	37.41	20.23
Nilai Maksimum	64.90	72.96	44.05	27.08

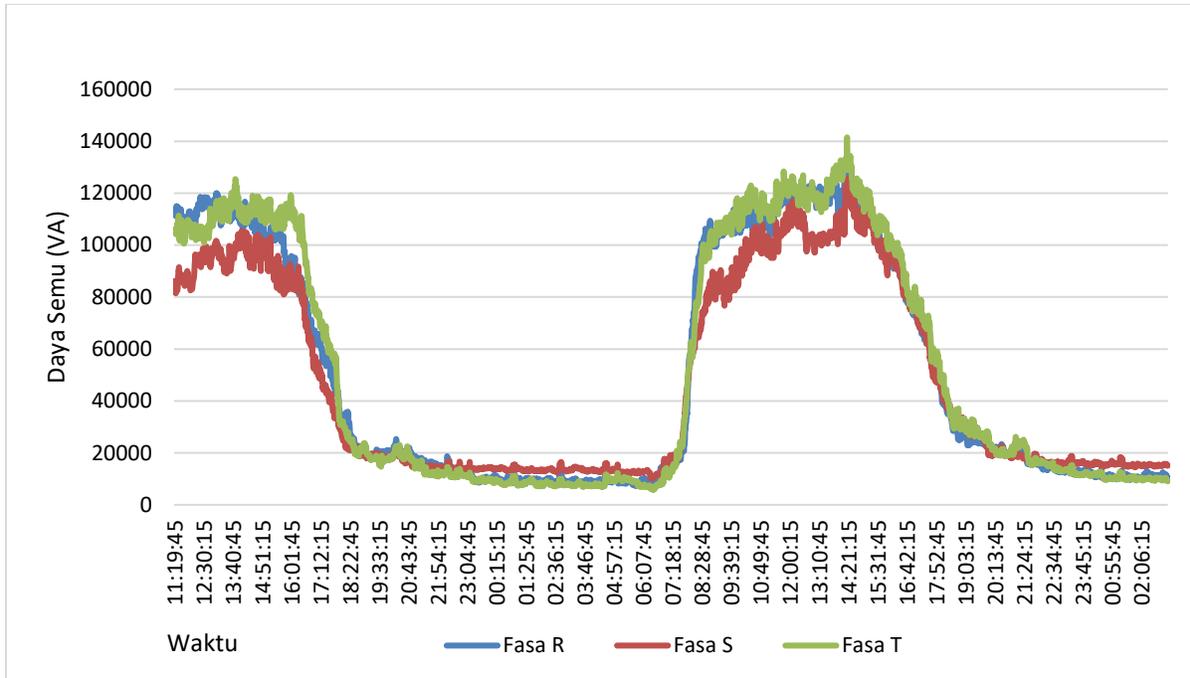
Nilai arus yang ditunjukkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada kondisi beban puncak, ada perbedaan arus pada setiap fasa yaitu:

- a. Panel MDP 555 kVA: sebesar 18,57 %
- b. Panel MDP 66 kVA: sebesar 23,09 %

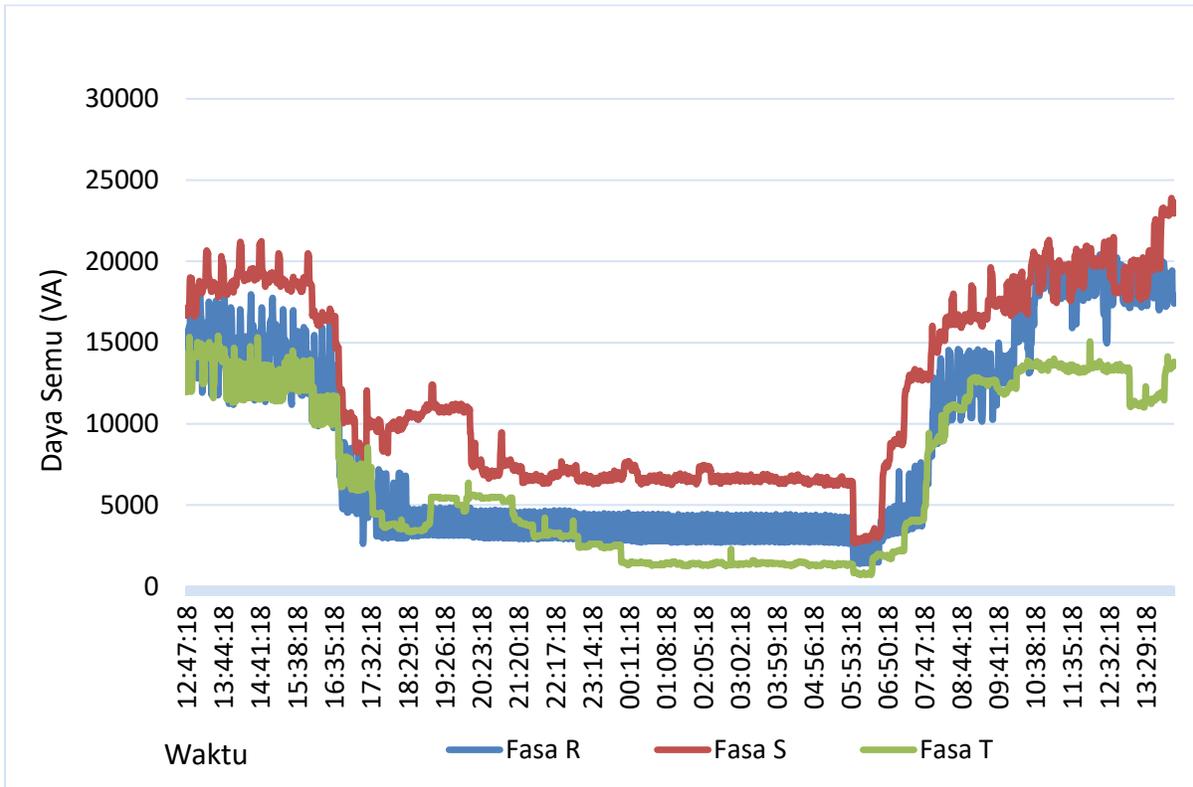
Berdasarkan nilai diatas, artinya kondisi pembebanan pada panel 555 kVA dan 66 kVA di Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta **tidak seimbang** karena batas standard ketidakseimbangan arus beban yang ditentukan oleh NEMA adalah 10%. Berdasarkan kondisi tersebut, arus yang mengalir di kawat netral perlu diperbaiki guna meminimalisir aliran arus yang terjadi di kawat netral karena dapat mengakibatkan terjadinya losses pada transformator.

5.1.1.3 Daya Semu

Nilai daya semu (VA) di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran untuk pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.3.



Gambar 5.1.1.3a. Profil Daya Semu pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.3b. Profil Daya Semu pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.3 tersebut, nilai daya semu pada masing-masing fasa di panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.3a. Nilai Daya Semu pada Panel MDP 555 kVA

Daya Semu	Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
Nilai Minimum	6158.46	9778.36	10842.00
Nilai Rata-rata	10086.83	14584.90	15895.15
Nilai Maksimum	12398.46	17794.64	19071.00

Tabel 5.1.1.3b. Nilai Daya Semu pada Panel MDP 66 kVA

Daya Semu	Fasa R (VA)	Fasa S (VA)	Fasa T (VA)
Nilai Minimum	6913.64	11037.00	6892.36
Nilai Rata-rata	10177.36	12648.50	7682.71
Nilai Maksimum	12799.09	14738.46	9069.27

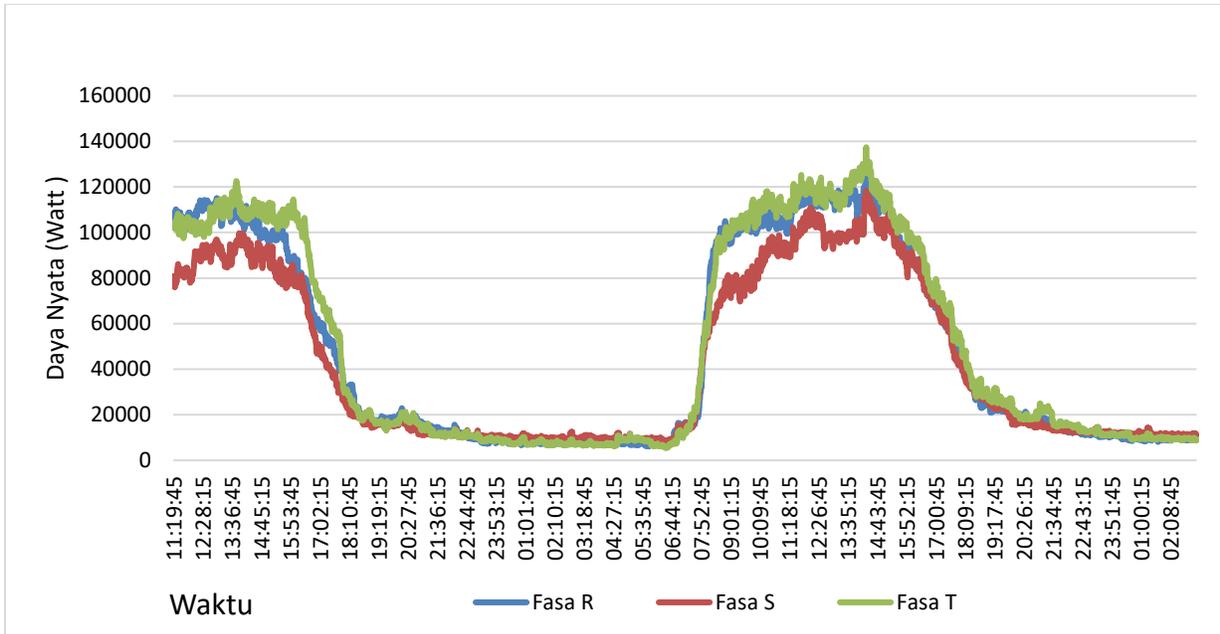
Nilai daya semu yang ditunjukkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada kondisi beban rata-rata, ada perbedaan pembebanan pada setiap fasa yaitu:

- a. Panel MDP 555 kVA: sebesar 17,54 %
- b. Panel MDP 66 kVA: sebesar 24.37 %

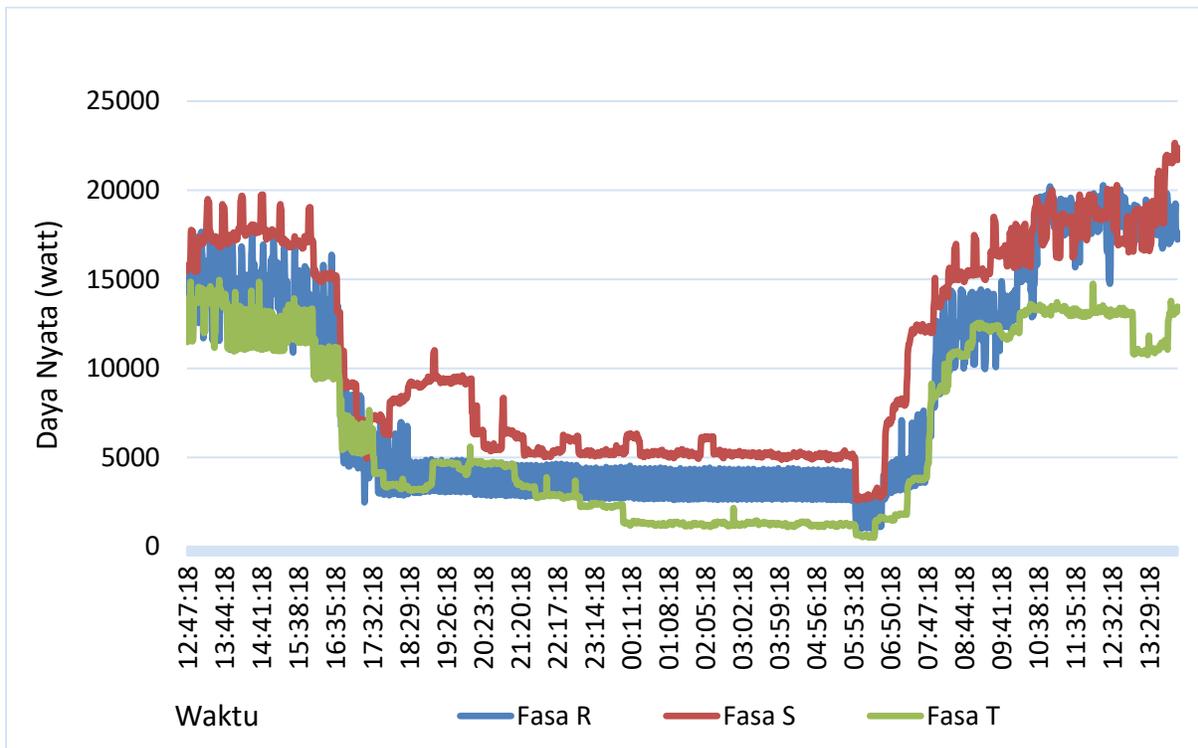
Berdasarkan nilai diatas, artinya kondisi pembebanan yang terjadi di semua panel MDP Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta **sudah tidak seimbang**, karena batas standard ketidakseimbangan daya beban yang ditentukan oleh NEMA adalah 10%. Ketidakseimbangan beban mengakibatkan terjadinya aliran arus pada kawat netral yang menyebabkan terjadinya *losses* pada transformator.

5.1.1.4 Daya Nyata

Nilai daya nyata (watt) di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.4.



Gambar 5.1.1.4a. Profil Daya Nyata pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.4b. Profil Daya Nyata pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.4 tersebut, nilai daya nyata pada masing-masing fasa di panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.4a. Nilai Daya Nyata pada Panel MDP 555 kVA

Daya Nyata	Fasa R (Watt)	Fasa S (Watt)	Fasa T (Watt)
Nilai Minimum	5204.73	8948.73	10700.18
Nilai Rata-rata	9514.45	14120.43	15670.58
Nilai Maksimum	11958.82	17489.73	19007.18

Tabel 5.1.1.4b. Nilai Daya Nyata pada Panel MDP 66 kVA

Daya Nyata	Fasa R (Watt)	Fasa S (Watt)	Fasa T (Watt)
Nilai Minimum	6757.64	10856.18	6839.18
Nilai Rata-rata	10007.59	12372.55	7579.96
Nilai Maksimum	12689.18	14508.00	8920.36

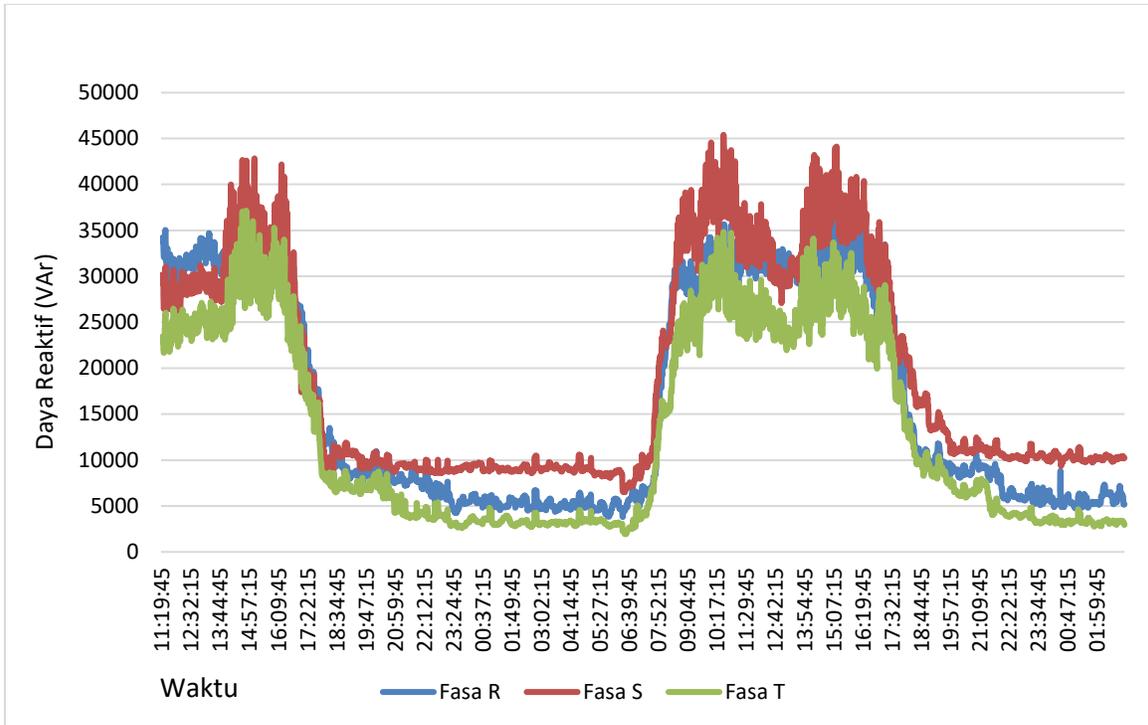
Nilai daya nyata yang ditunjukkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada kondisi beban rata-rata (kondisi proses produksi), terdapat perbedaan konsumsi daya nyata di setiap fasanya, dengan persentase perbedaan yaitu :

- a. Panel MDP 555 kVA: sebesar 19,60 %
- b. Panel MDP 66 kVA: sebesar 23,89 %

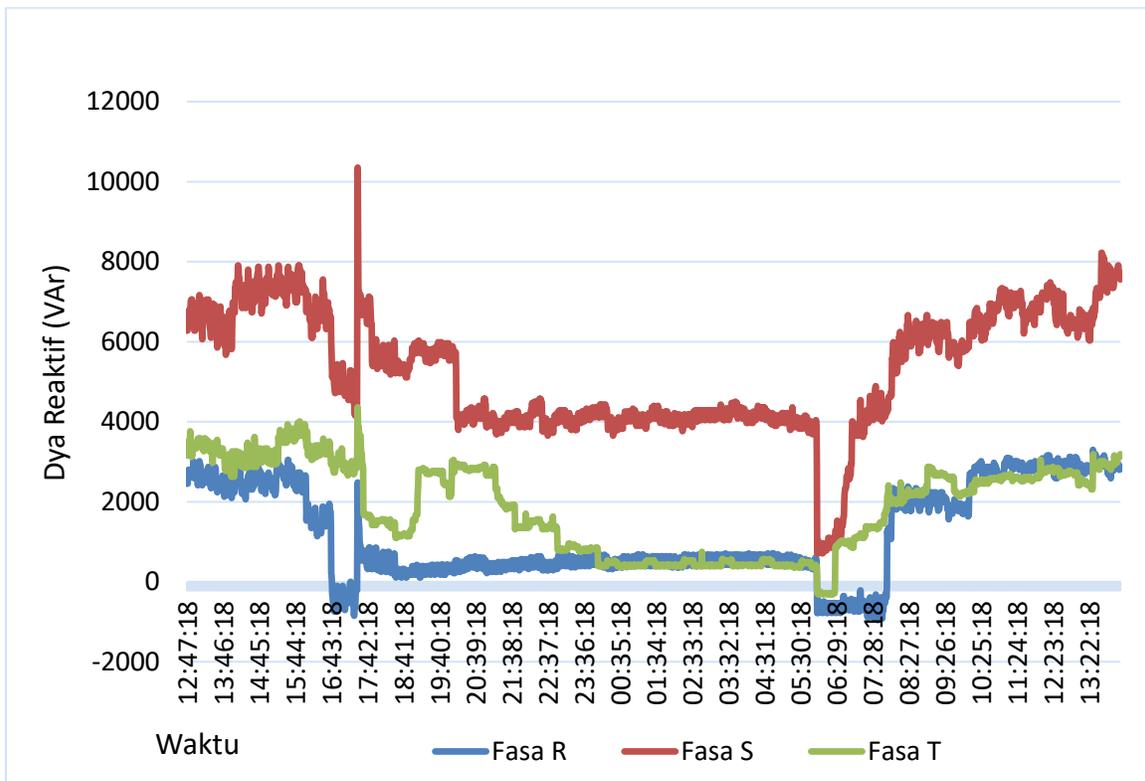
Kondisi ini mengakibatkan munculnya arus pada kawat netral yang menyebabkan terjadinya losses pada transformator.

5.1.1.5 Daya Reaktif

Nilai daya reaktif (VAR) di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.5.



Gambar 5.1.1.5a. Profil Daya Reaktif pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.5b. Profil Daya Reaktif pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.5 tersebut, nilai daya reaktif pada masing-masing fasa di panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.5a. Nilai Daya Reaktif pada Panel MDP 555 kVA

Daya Reaktif	Fasa R (VAR)	Fasa S (VAR)	Fasa T (VAR)
Nilai Minimum	2701.64	2559.82	943.09
Nilai Rata-rata	3252.09	3499.79	2452.65
Nilai Maksimum	3910.64	4570.09	3357.55

Tabel 5.1.1.5b. Nilai Daya Reaktif pada Panel MDP 66 kVA

Daya Reaktif	Fasa R (VAR)	Fasa S (VAR)	Fasa T (VAR)
Nilai Minimum	1223.18	1868.46	787.09
Nilai Rata-rata	1715.10	2563.49	1161.94
Nilai Maksimum	2357.73	3407.18	1698.27

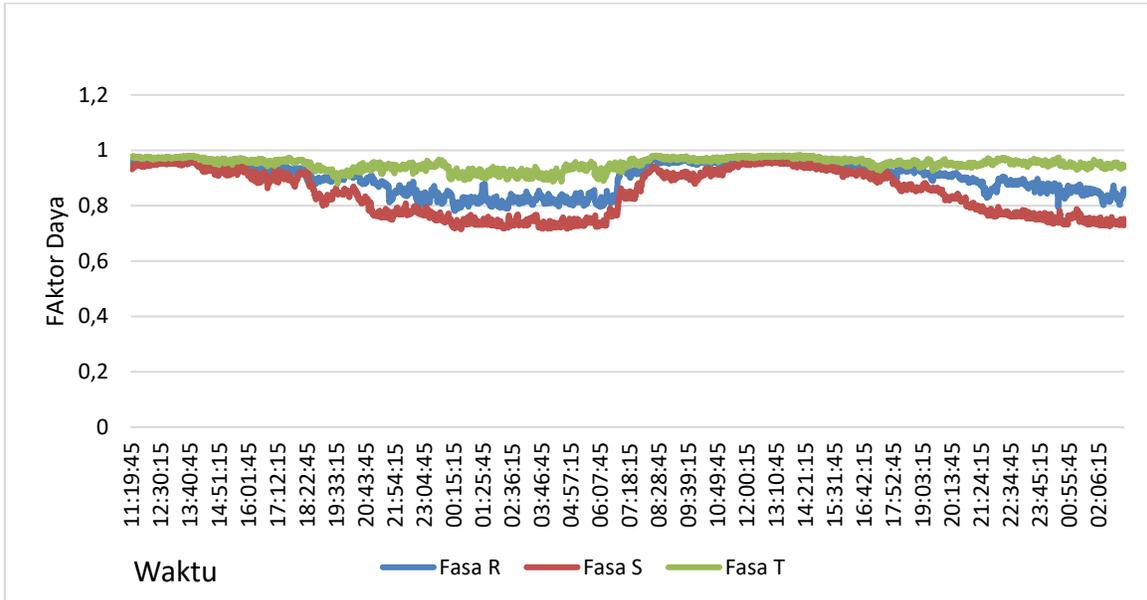
Nilai daya reaktif yang ditunjukkan pada tabel diatas, menunjukkan bahwa pada kondisi beban puncak (kondisi proses produksi), terdapat perbedaan konsumsi daya reaktif setiap fasanya. Kondisi lain yang cukup menarik adalah:

- a. Panel 555 kVA: fasa S mengkonsumsi daya reaktif paling tinggi dibanding fasa R dan T
- b. Panel 66 kVA: fasa S mengkonsumsi daya reaktif paling tinggi dibanding fasa R dan T

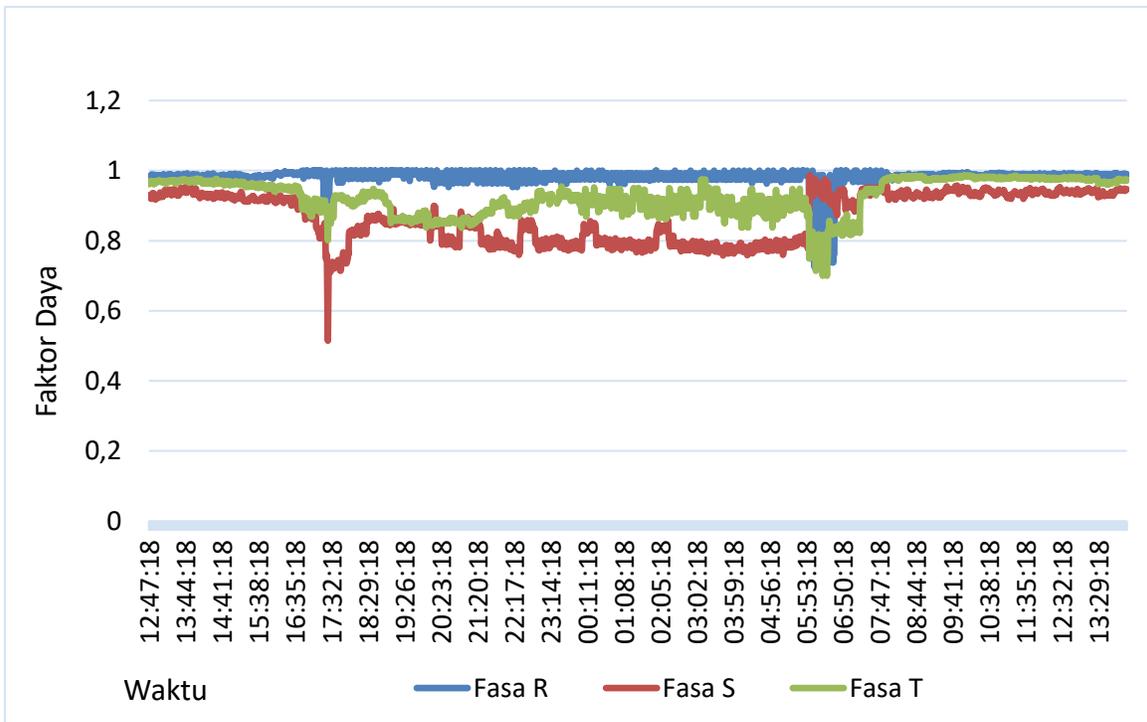
Semakin besar konsumsi daya reaktif maka akan mengakibatkan losses jaringan yang semakin besar.

5.1.1.6 Faktor Daya

Nilai faktor daya di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.6.



Gambar 5.1.1.6a. Profil Faktor Daya pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.6b. Profil Faktor Daya pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.6 tersebut, nilai faktor daya pada masing-masing fasa pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.6a. Nilai Faktor Daya pada Panel MDP 555 kVA

Faktor Daya (PF)	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Minimum	0.82	0.90	0.96
Nilai Rata-rata	0.94	0.97	0.99
Nilai Maksimum	0.97	0.99	1.00

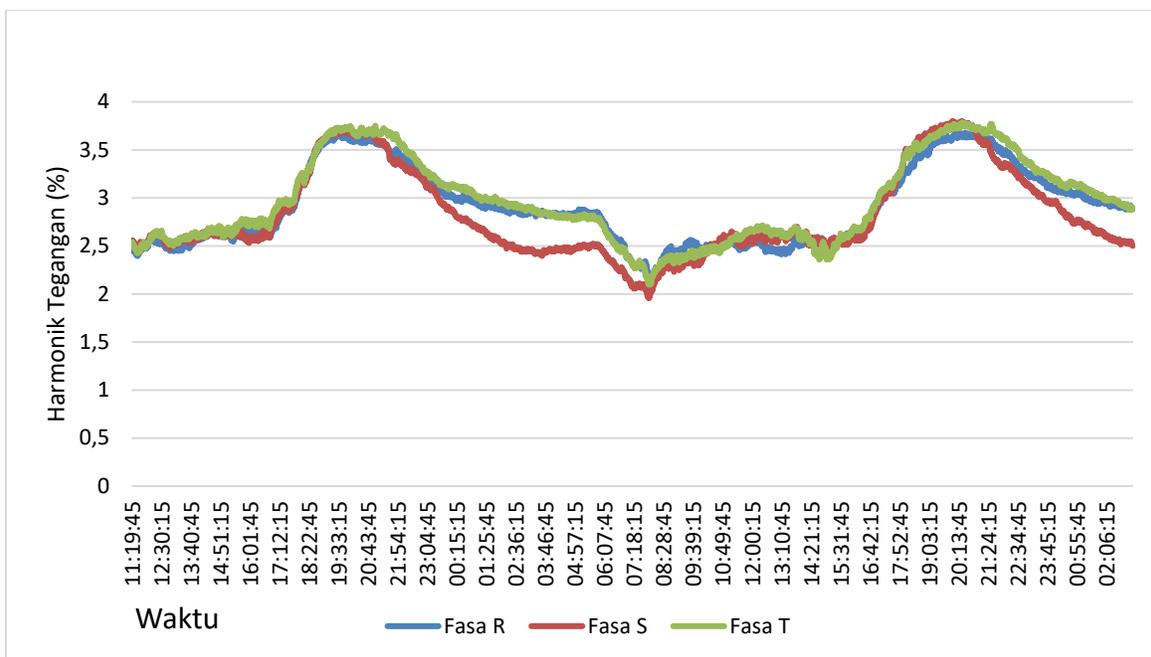
Tabel 5.1.1.6b. Nilai Faktor Daya pada Panel MDP 66 kVA

Faktor Daya (PF)	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Minimum	0.98	0.98	0.99
Nilai Rata-rata	0.98	0.98	0.99
Nilai Maksimum	0.99	0.98	0.98

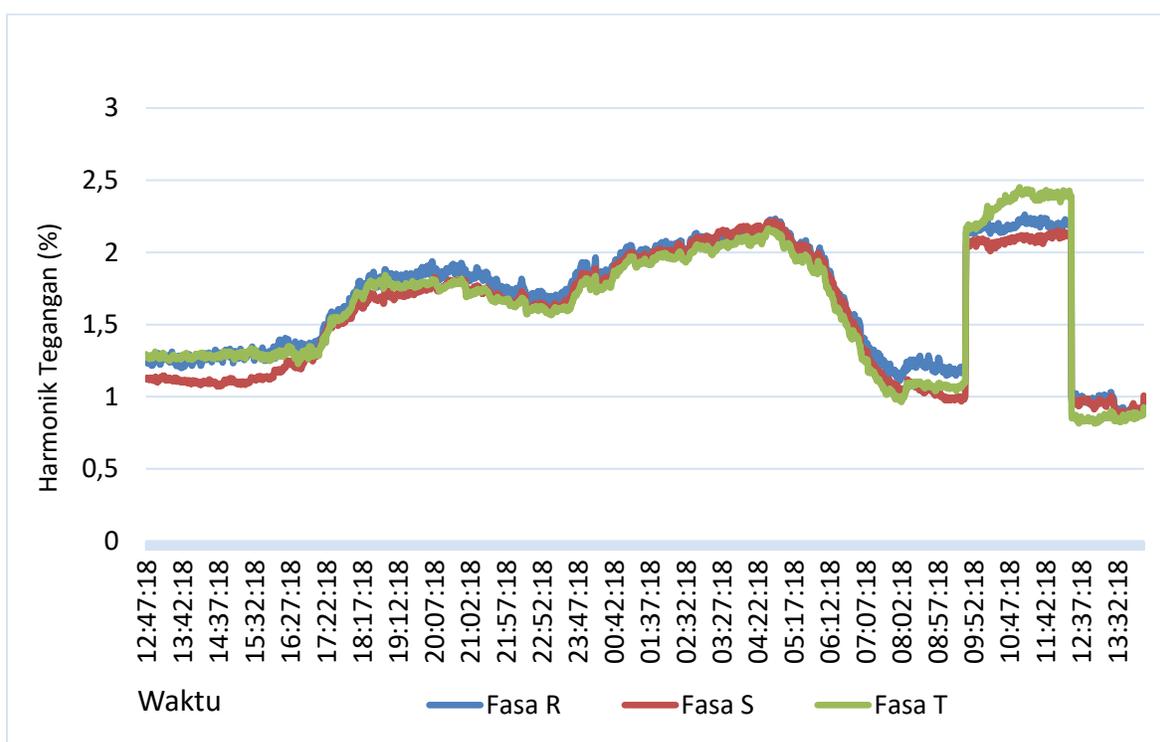
Nilai faktor daya yang ditunjukkan pada tabel diatas, menunjukkan bahwa secara umum pada kondisi produksi nilai faktor daya masing-masing fasa pada panel MDP Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN yaitu lebih besar atau sama dengan 0,85. Namun nilai factor daya pada fase R di panel 555 kVA perlu dicermati karena kurang dari 0,85. Nilai faktor daya yang rendah tentu akan mengakibatkan konsumsi daya reaktif sangat besar sehingga berakibat pada kenaikan rugi daya (*losses*) secara keseluruhan.

5.1.1.7 THD Tegangan

Nilai THD Tegangan di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.7.



Gambar 5.1.1.7b. Profil THD Tegangan pada Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.7b. Profil THD Tegangan pada Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar 5.1.1.7 tersebut, nilai THD tegangan pada masing-masing fasa di panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.7a. Nilai THD Tegangan pada Panel MDP 555 kVA

THD Tegangan	Fasa R (%)	Fasa S (%)	Fasa T (%)
Nilai Minimum	3.28	2.36	2.82
Nilai Rata-rata	3.45	2.54	3.00
Nilai Maksimum	3.71	3.01	3.25

Tabel 5.1.1.7b. Nilai THD Tegangan pada Panel MDP 66 kVA

THD Tegangan	Fasa R (%)	Fasa S (%)	Fasa T (%)
Nilai Minimum	3.86	3.02	3.43
Nilai Rata-rata	4.07	3.19	3.66
Nilai Maksimum	4.31	3.32	3.83

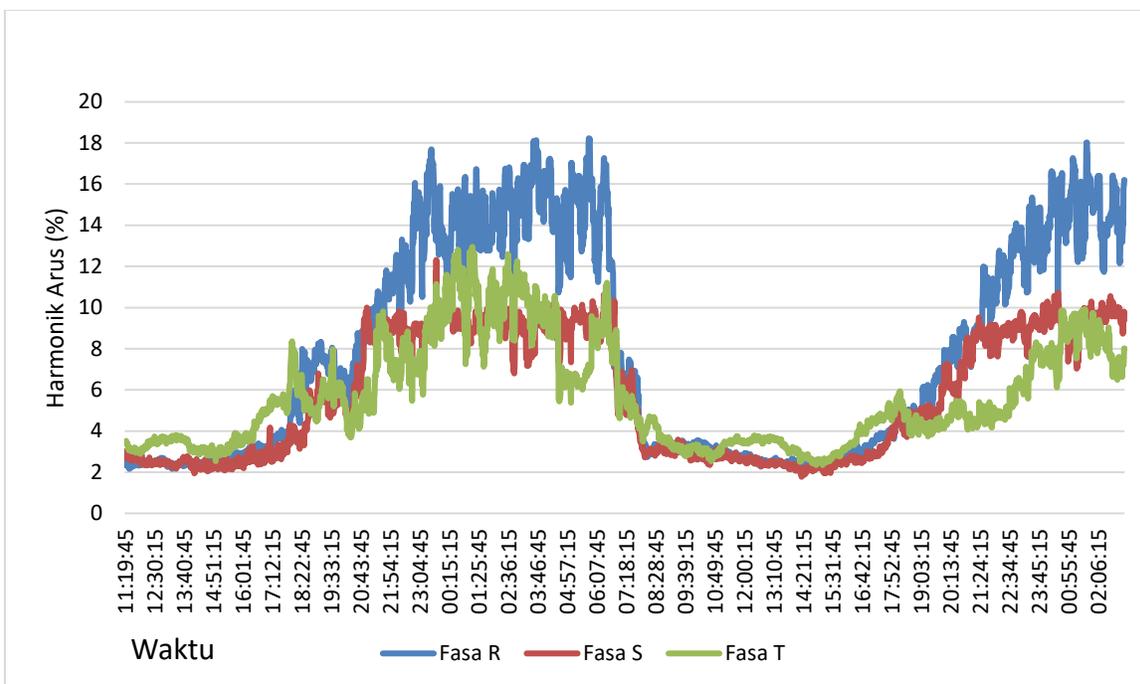
Nilai THD tegangan rata-rata pada panel MDP

- a. Panel MDP 555 kVA: berkisar antara 2,36 hingga 3,71 persen.
- b. Panel MDP 66 kVA : berkisar antara 3,02 hingga 4,31 persen.

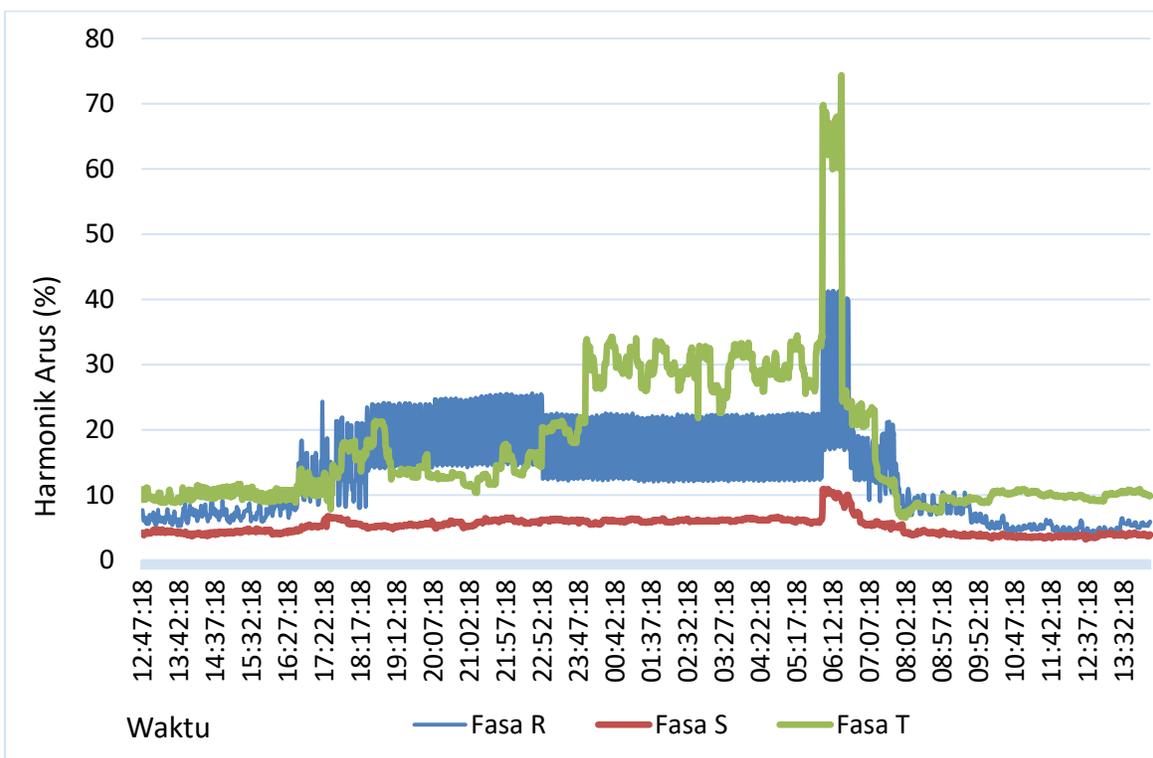
Dengan mengacu ke standar IEEE 519-1992, THD tegangan untuk tegangan dibawah 69 kV yaitu 5 persen, maka nilai THD tegangan rata-rata di panel MDP Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta **masih di bawah standard** yang telah ditentukan oleh IEEE.

5.1.1.8 THD Arus

Nilai THD arus di setiap fasa berdasarkan hasil pengukuran pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta secara grafik ditunjukkan pada gambar 5.1.1.8.



Gambar 5.1.1.8a. Profil THD Arus Panel MDP 555 kVA



Gambar 5.1.1.8b. Profil THD Arus Panel MDP 66 kVA

Berdasarkan gambar tersebut, nilai THD arus pada masing-masing fasa pada panel MDP Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dapat ditabulasikan secara sederhana (nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum) seperti ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5.1.1.8a. Nilai THD Arus pada Panel MDP 555 kVA

THD Arus	Fasa R (%)	Fasa S (%)	Fasa T (%)
Nilai Minimum	3.01	3.33	5.35
Nilai Rata-rata	4.31	4.79	6.32
Nilai Maksimum	6.56	6.62	8.33

Tabel 5.1.1.8b. Nilai THD Arus pada Panel MDP 66 kVA

THD Arus	Fasa R (%)	Fasa S (%)	Fasa T (%)
Nilai Minimum	5.82	3.34	6.20
Nilai Rata-rata	6.80	4.42	7.32
Nilai Maksimum	8.80	6.20	9.01

Nilai THD arus rata-rata pada panel MDP

- a. Panel MDP 555 kVA: berkisar antara 3,01 hingga 8,33 persen.
- b. Panel MDP 66 kVA : berkisar antara 3,34 hingga 9,01 persen.

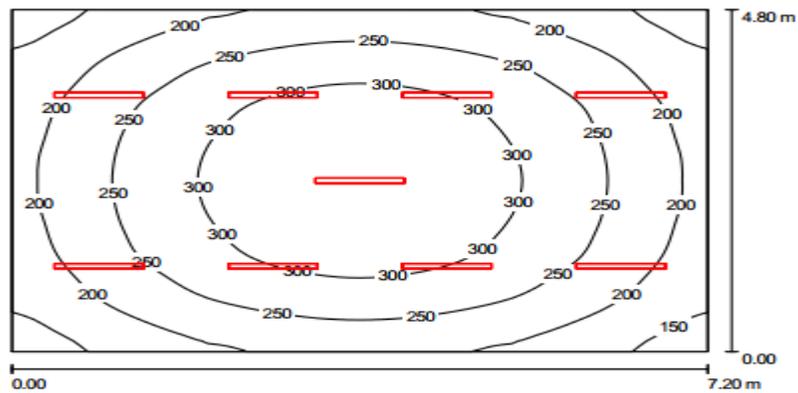
Dengan mengacu ke standar IEEE 519-1992, THD arus untuk tegangan dibawah 69 kV yaitu 15 persen, maka **nilai THD arus rata-rata di panel 555 kVA dan 66 kVA MDP Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta masih di bawah standard** yang ditentukan oleh IEEE.

5.1.2 SISTEM PENCAHAYAAN

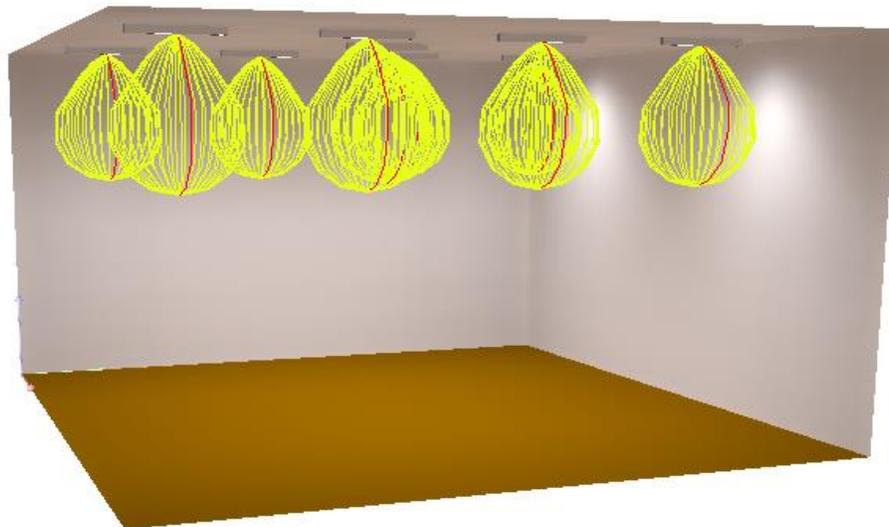
Dengan menggunakan parameter standar tingkat pencahayaan yang ditetapkan oleh SNI 6197-2011 dan berdasarkan hasil pengukuran intensitas cahaya (lux), maka dapat diketahui kualitas pencahayaan beberapa ruang masih dibawah standar yang telah ditentukan. Kurangnya kualitas pencahayaan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :



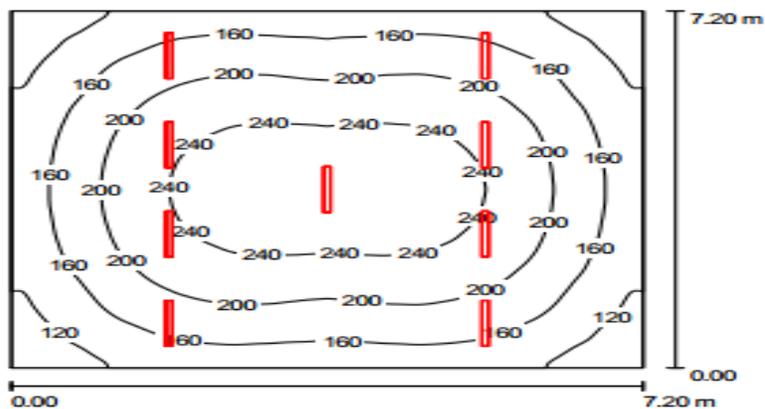
Gambar 5.1.2.2a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Wakil Dekan III



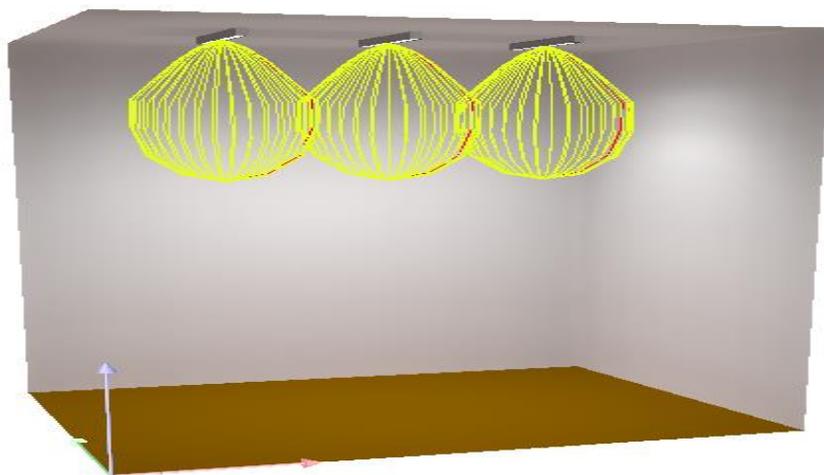
Gambar 5.1.2.2b. Sebaran Cahaya pada Kabag Ruang Wakil Dekan III (KTU-PD II)



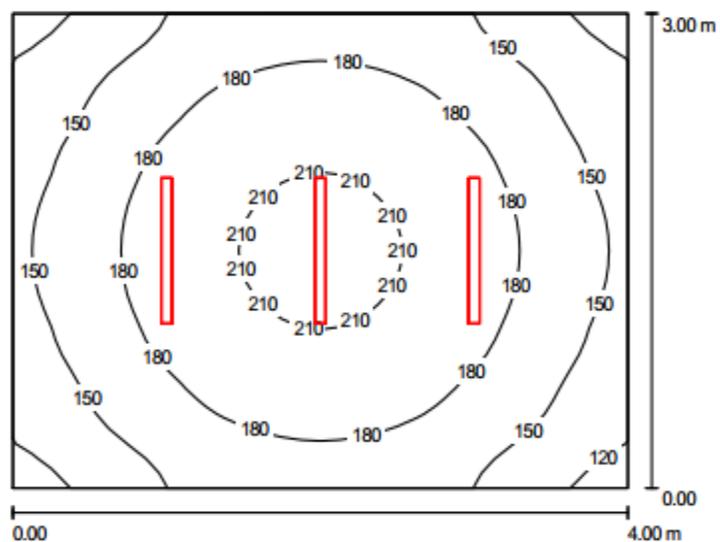
Gambar 5.1.2.3a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Tunggu Timur



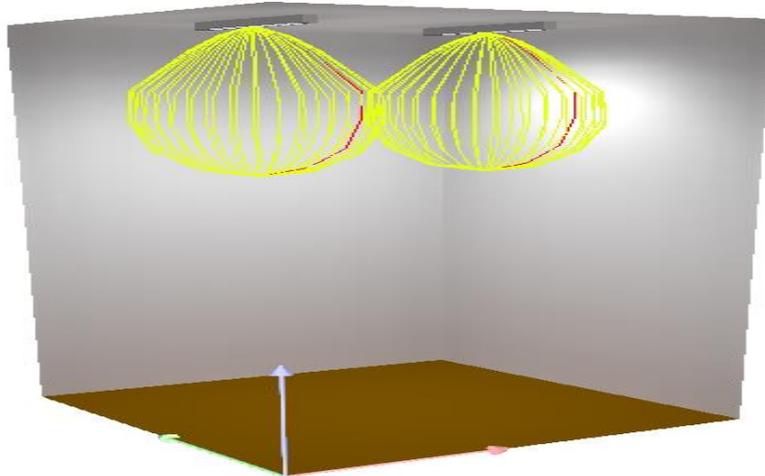
Gambar 5.1.2.3b. Sebaran Cahaya pada Ruang Tunggu Timur



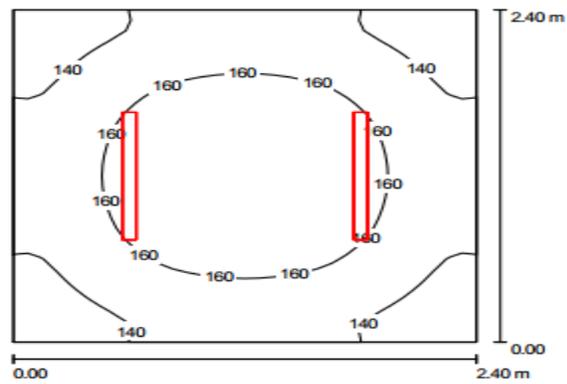
Gambar 5.1.2.4a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Loket 5/Ekspedisi



Gambar 5.1.2.4b. Sebaran Cahaya pada Ruang Loket 5/Ekspedisi



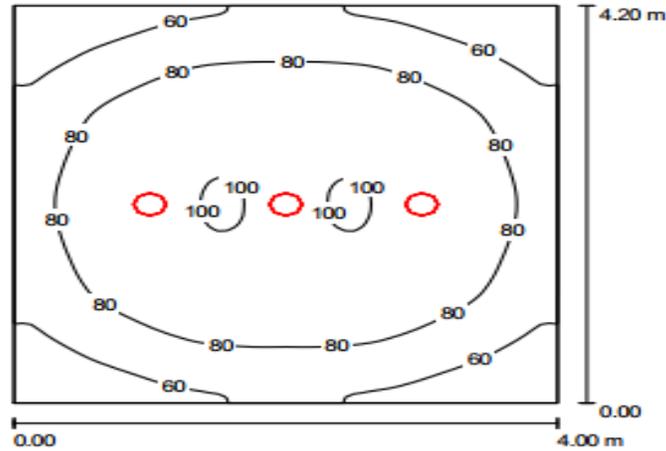
Gambar 5.1.2.5a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Gudang



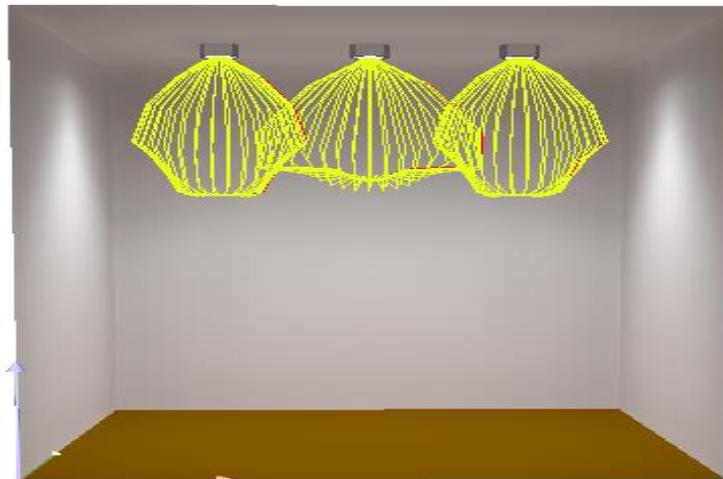
Gambar 5.1.2.5b. Sebaran Cahaya pada Ruang Gudang



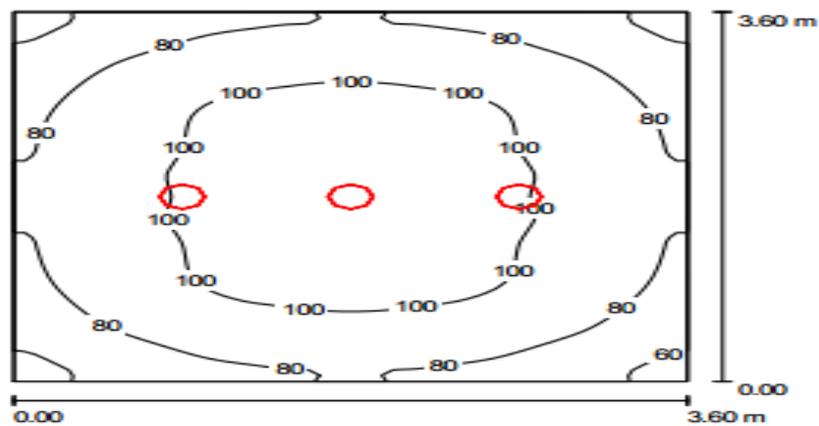
Gambar 5.1.2.6a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putra Timur Lt. 1



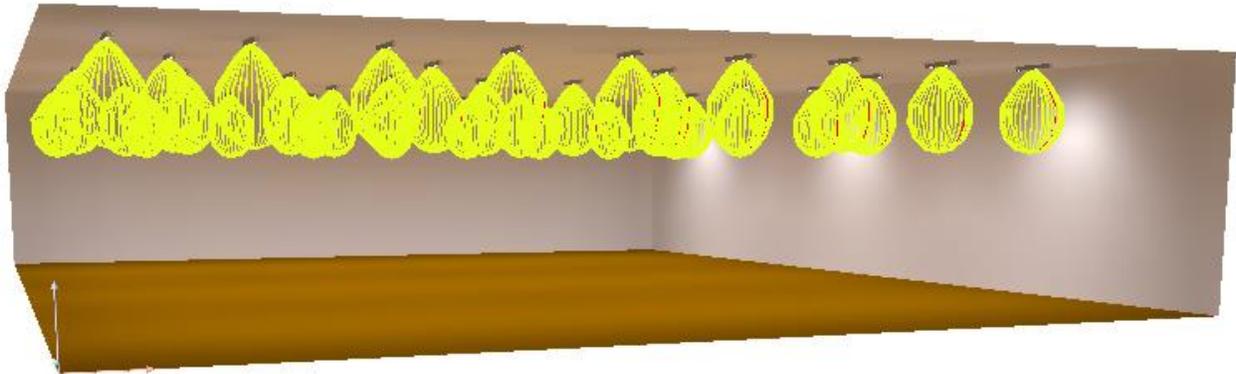
Gambar 5.1.2.6b. Sebaran Cahaya pada WC Putra Timur Lt. 1



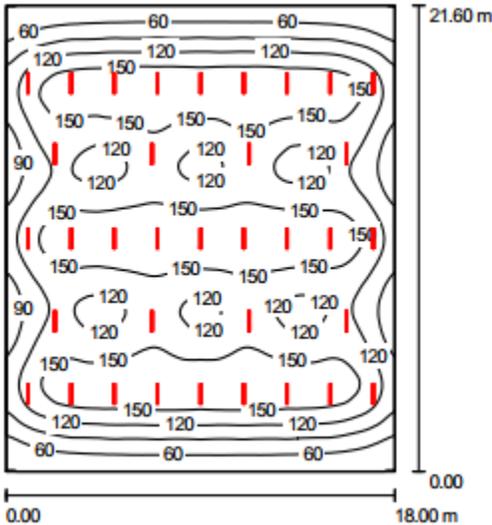
Gambar 5.1.2.7a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putri Timur Lt. 1



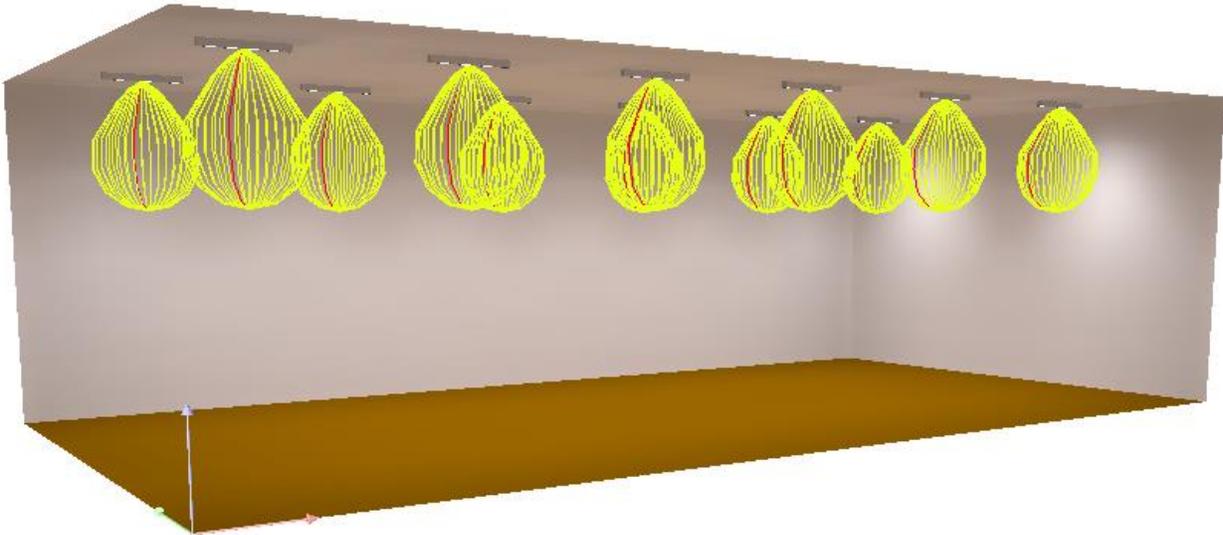
Gambar 5.1.2.7b. Sebaran Cahaya pada WC Putri Timur Lt. 1



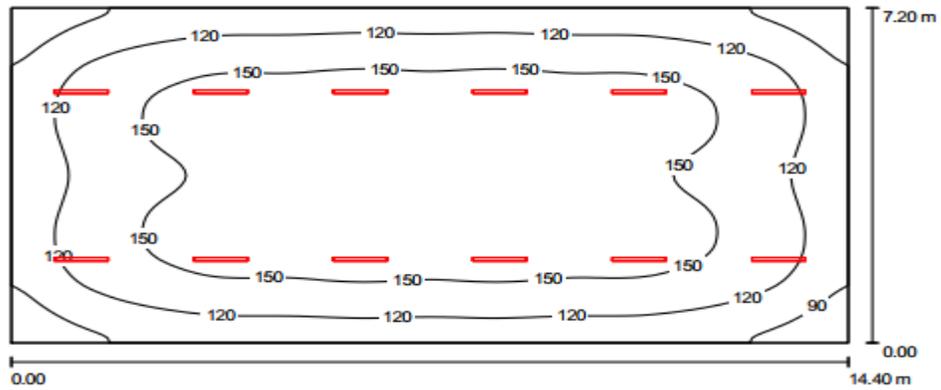
Gambar 5.1.2.8a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Hall



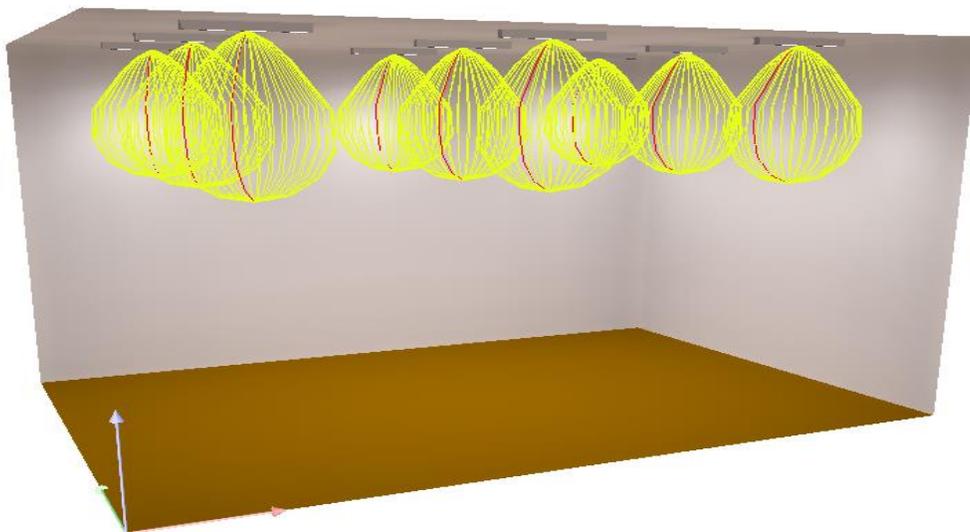
Gambar 5.1.2.8b. Sebaran Cahaya pada Hall



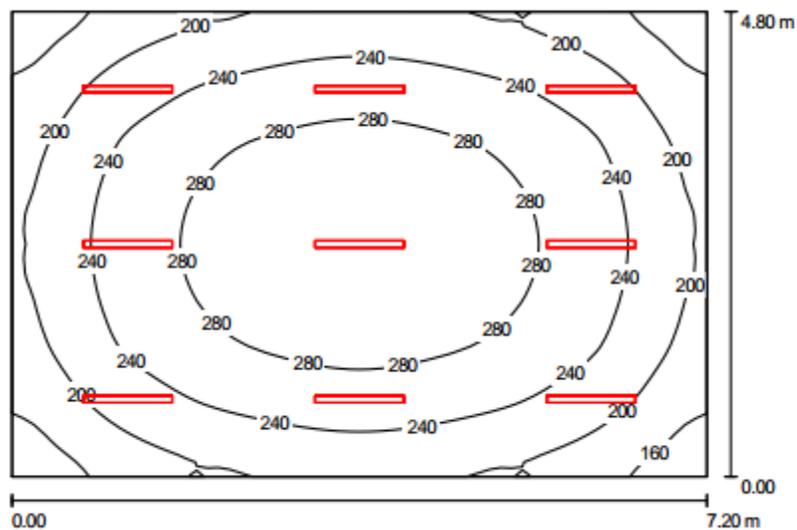
Gambar 5.1.2.9a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Layanan Mahasiswa

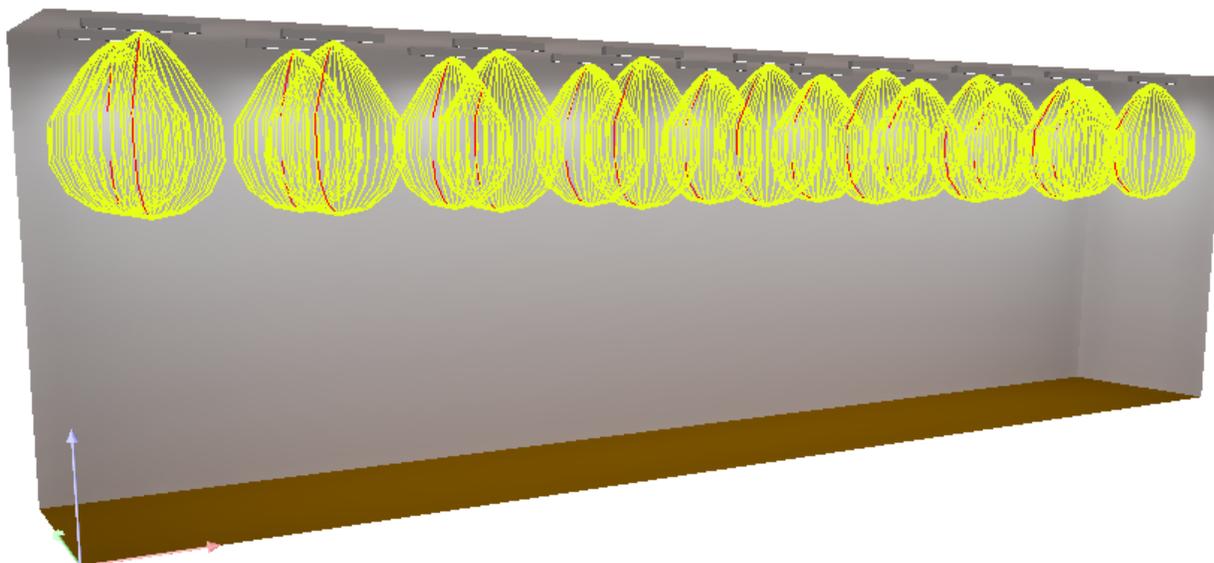


Gambar 5.1.2.9b. Sebaran Cahaya pada Ruang Layanan Mahasiswa

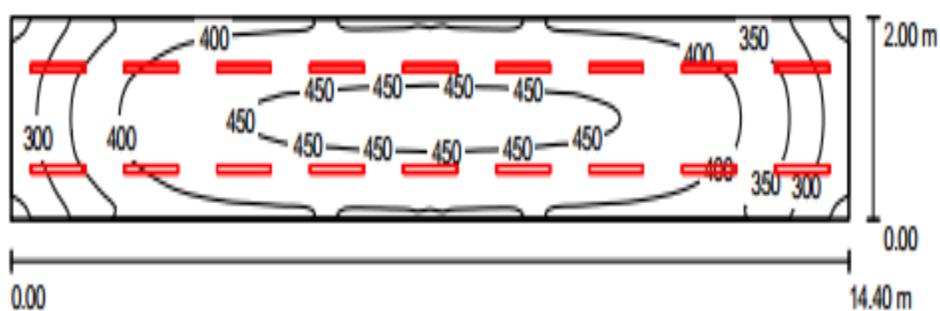


Gambar 5.1.2.10a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Wakil Dekan II

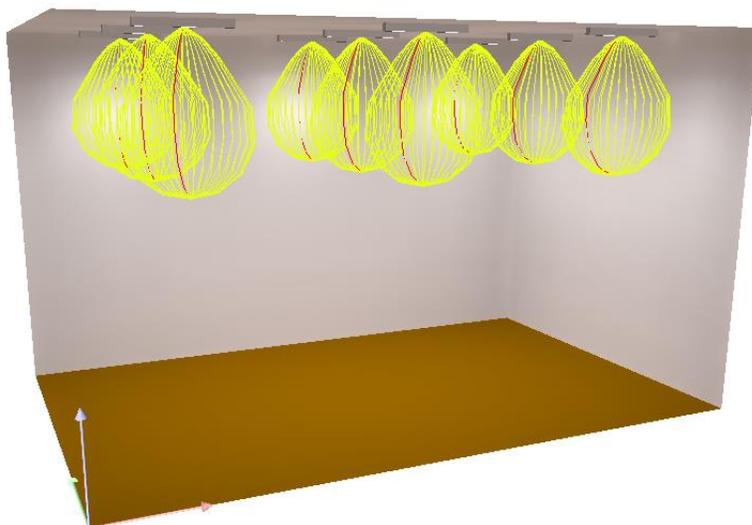




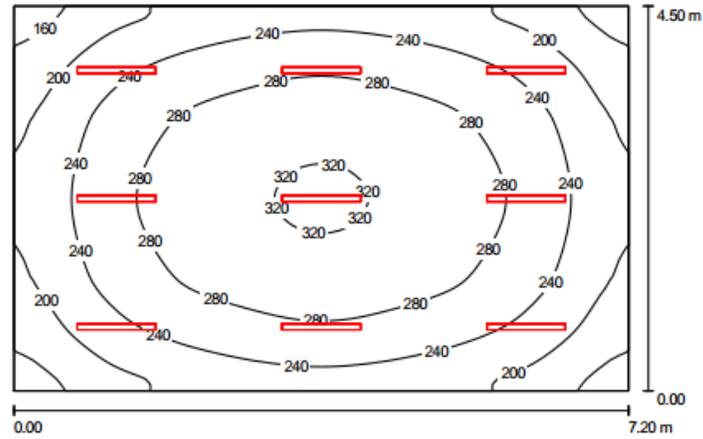
Gambar 5.1.2.14a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Rapat Fakultas



Gambar 5.1.2.14b. Sebaran Cahaya pada Ruang Rapat Fakultas



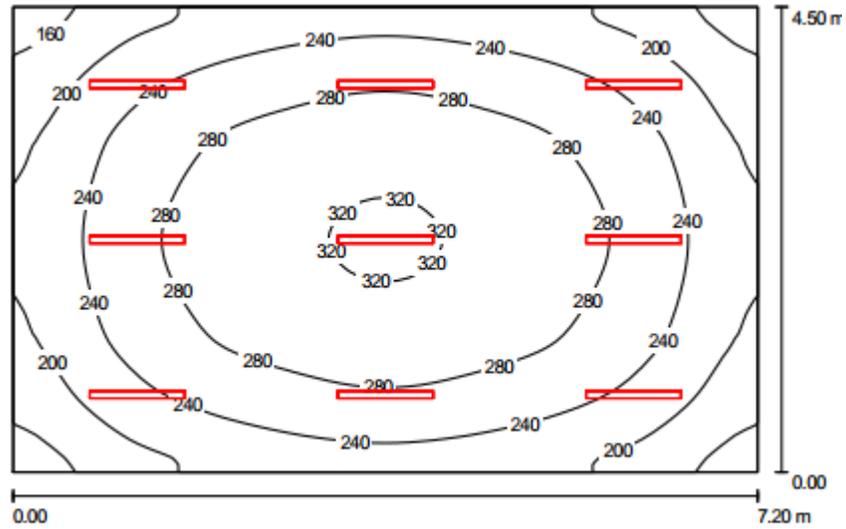
Gambar 5.1.2.15a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang ICVET / Ruang Sidang Jur - 5



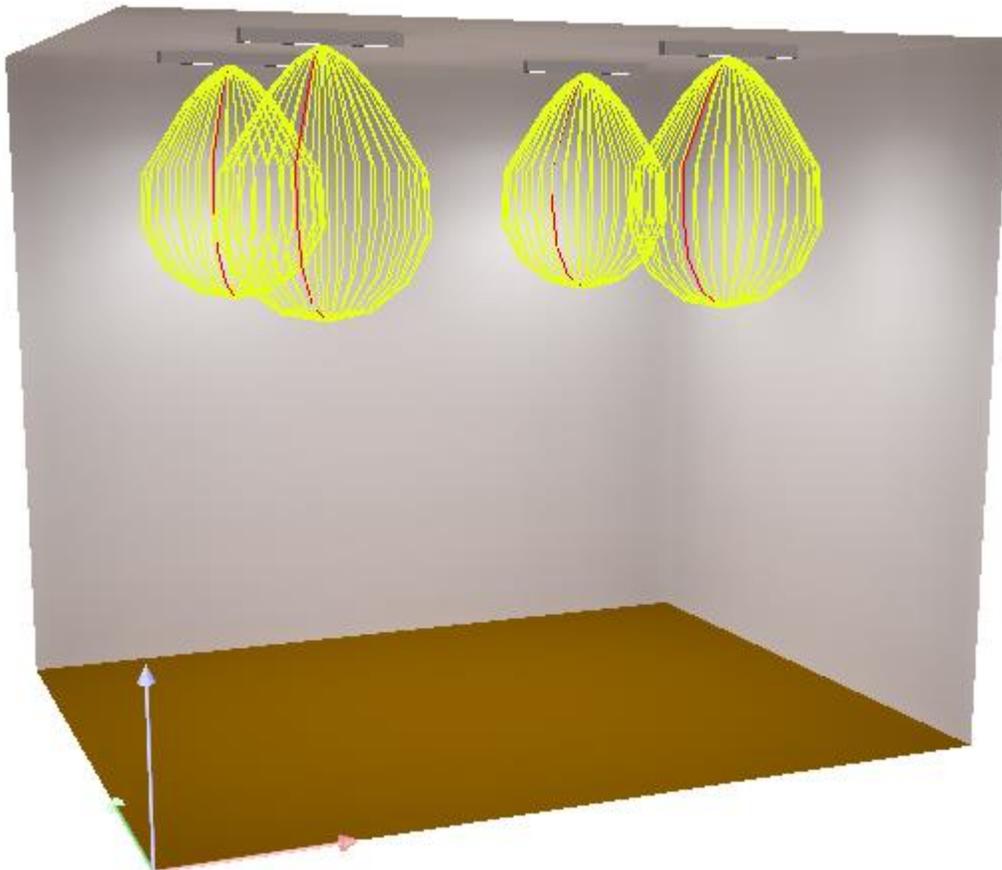
Gambar 5.1.2.15b. Sebaran Cahaya pada Ruang ICVET / Ruang Sidang Jur - 5



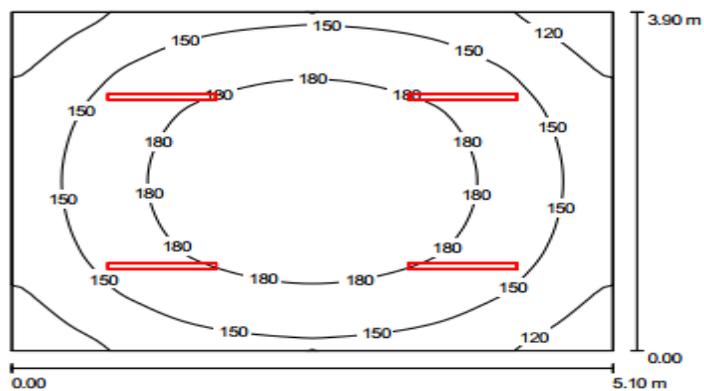
Gambar 5.1.2.16a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang Sidang KPLT / Ruang Sidang Jur - 6



Gambar 5.1.2.16b. Sebaran Cahaya pada Ruang Sidang KPLT / Ruang Sidang Jur - 6



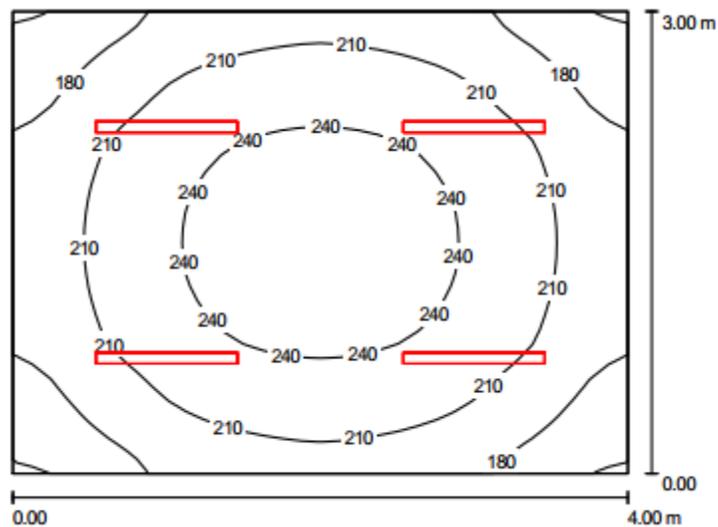
Gambar 5.1.2.17a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang JPTK / Ruang Kerja



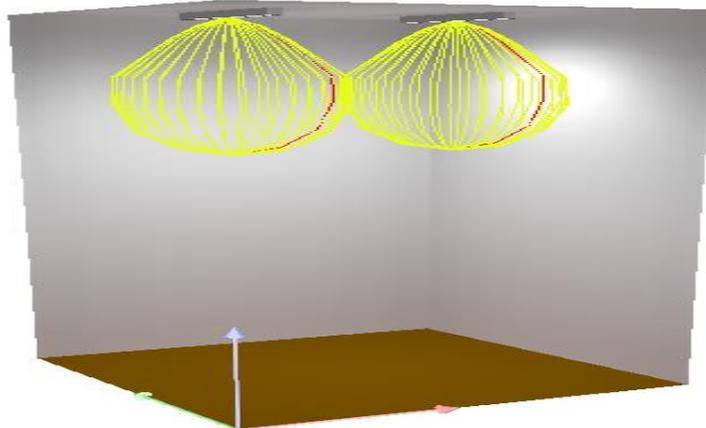
Gambar 5.1.2.17b. Sebaran Cahaya pada Ruang JPTK / Ruang Kerja



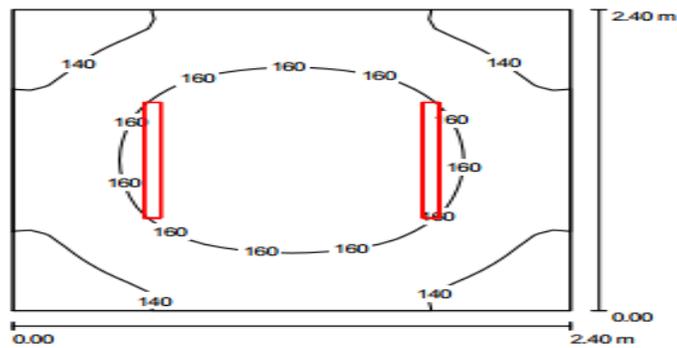
Gambar 5.1.2.18a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Pantri



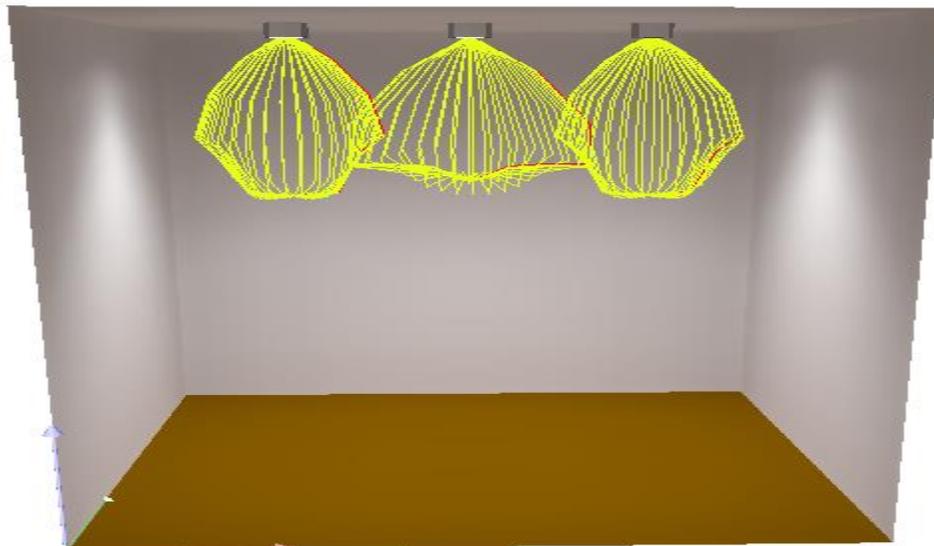
Gambar 5.1.2.18b. Sebaran Cahaya pada Pantri



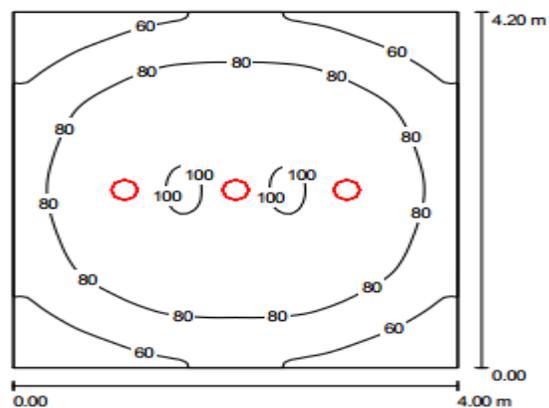
Gambar 5.1.2.19a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang Gudang Lt. 2



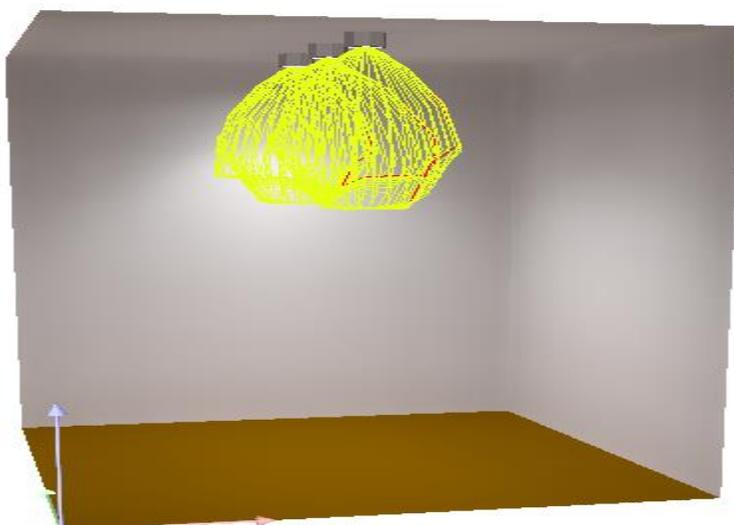
Gambar 5.1.2.19b. Sebaran Cahaya pada Ruang Gudang Lt. 2



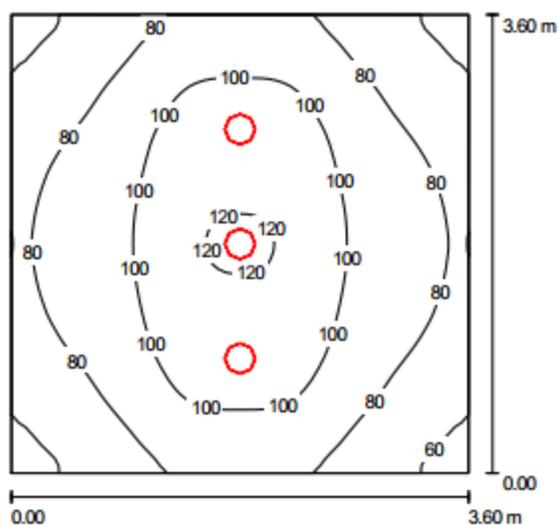
Gambar 5.1.2.20a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada WC Putra Timur Lt. 2



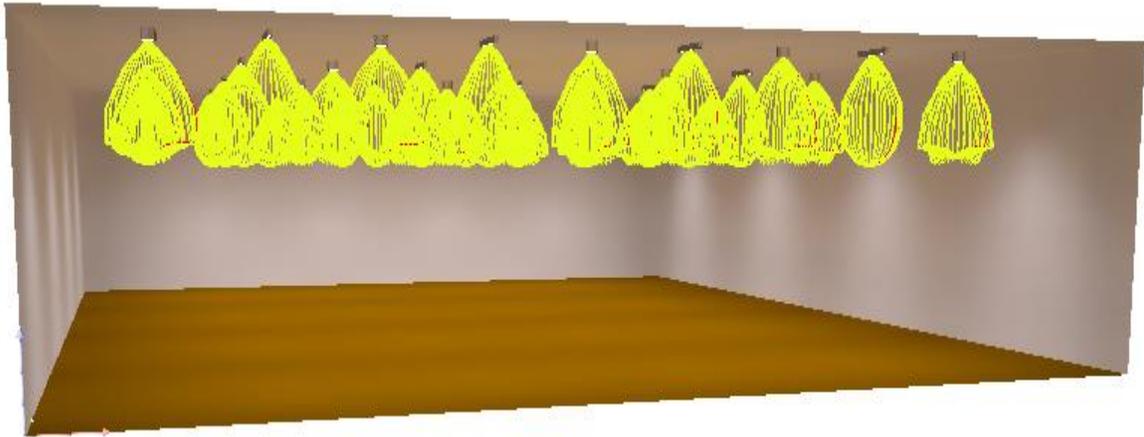
Gambar 5.1.2.20b. Sebaran Cahaya pada WC Putra Timur Lt. 2



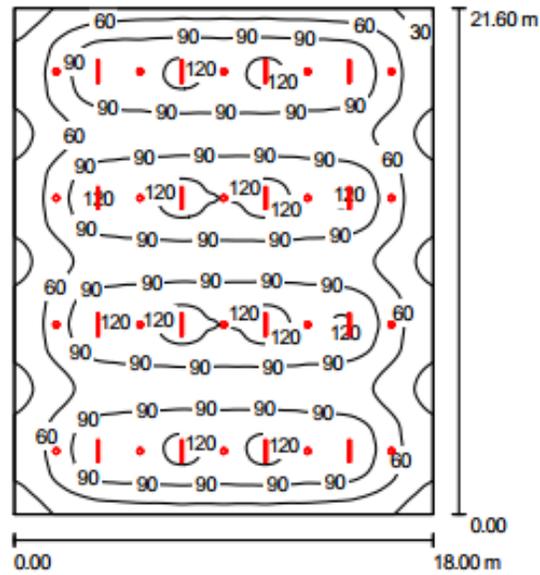
Gambar 5.1.2.21a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putri Timur Lt. 2



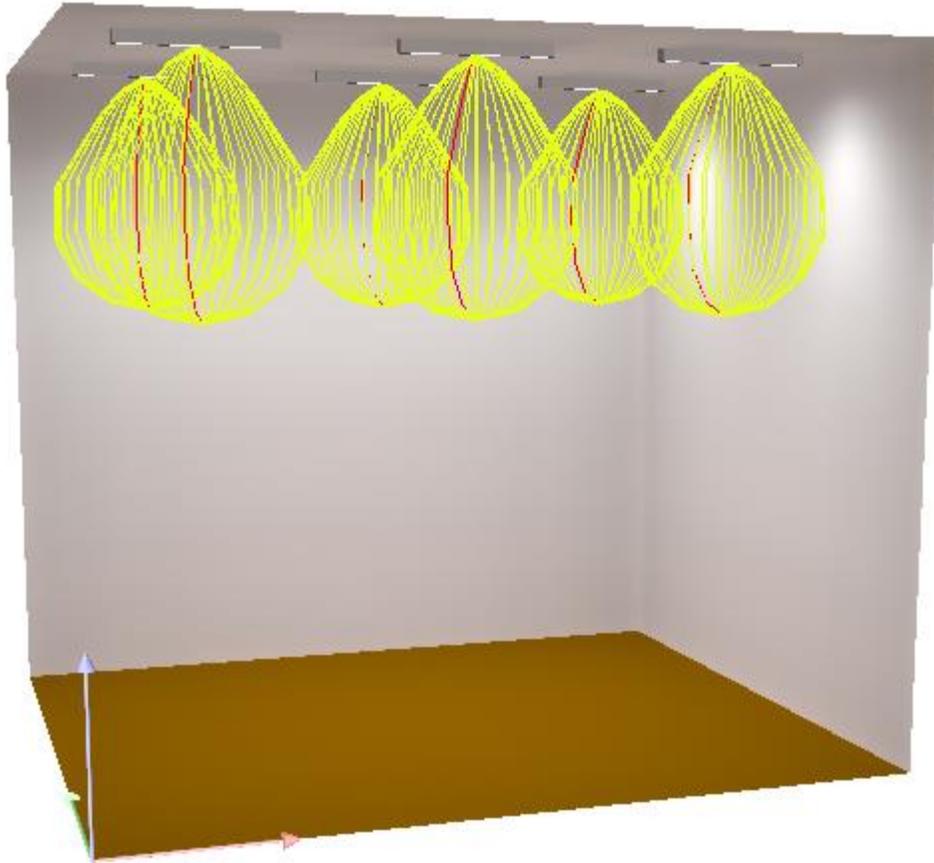
Gambar 5.1.2.21b. Sebaran Cahaya pada WC Putri Timur Lt. 2



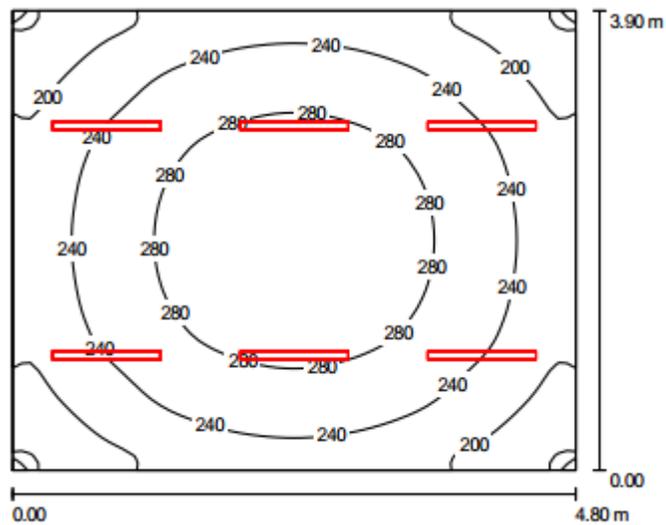
Gambar 5.1.2.22a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Hall Lt. 2



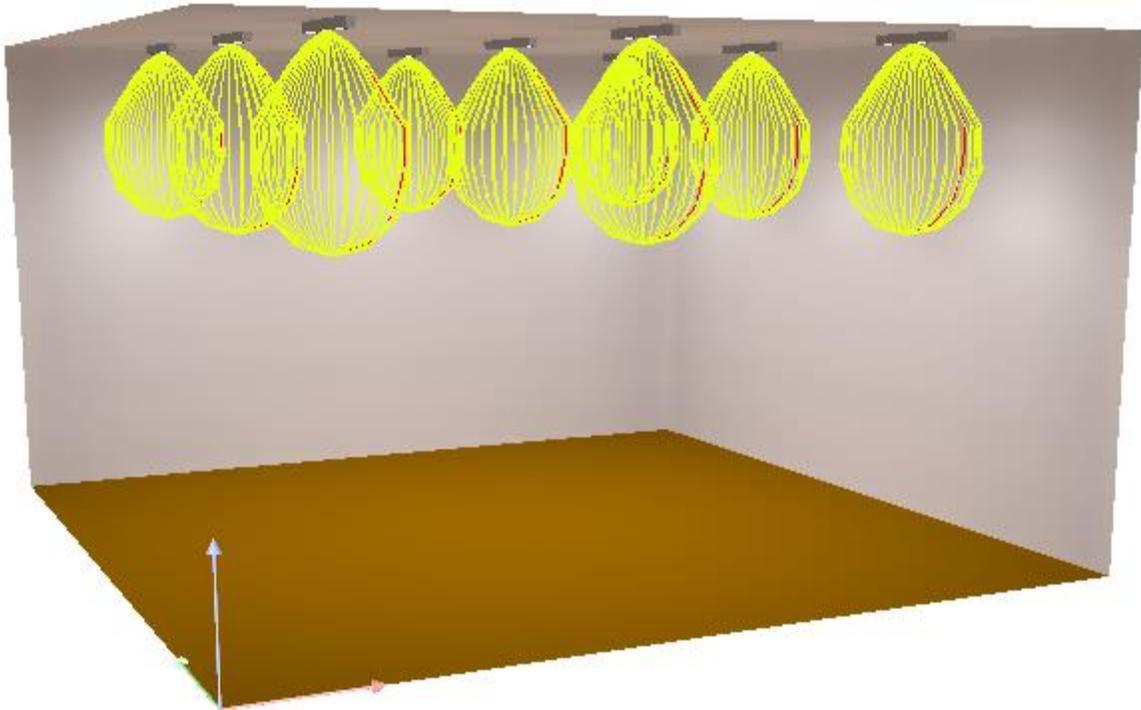
Gambar 5.1.2.22b. Sebaran Cahaya pada Hall Lt. 2



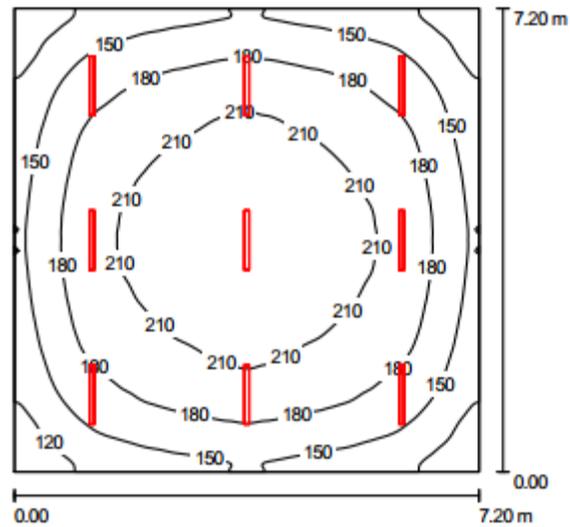
Gambar 5.1.2.23a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang Sekretaris Dekan / Ruang PD 4



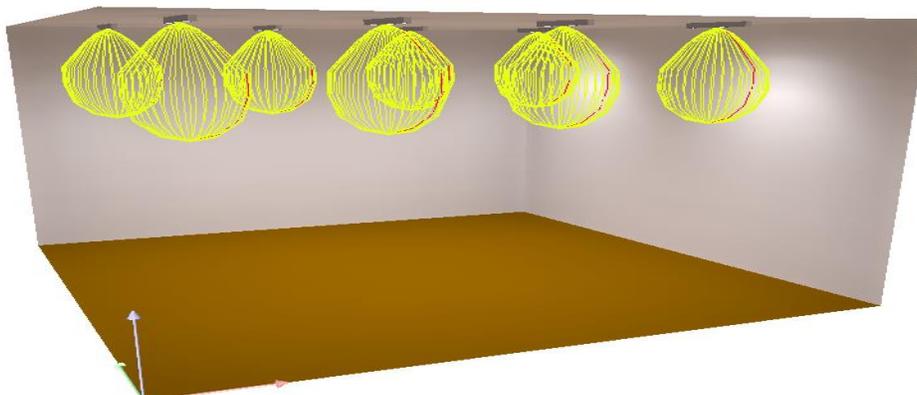
Gambar 5.1.2.23b. Sebaran Cahaya pada Ruang Sekretaris Dekan / Ruang PD 4



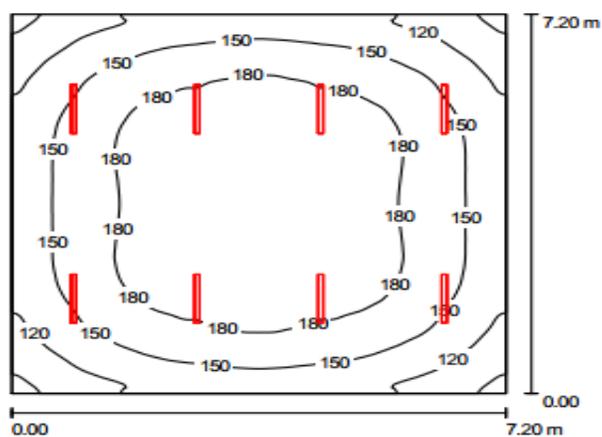
Gambar 5.1.2.24a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Dekan



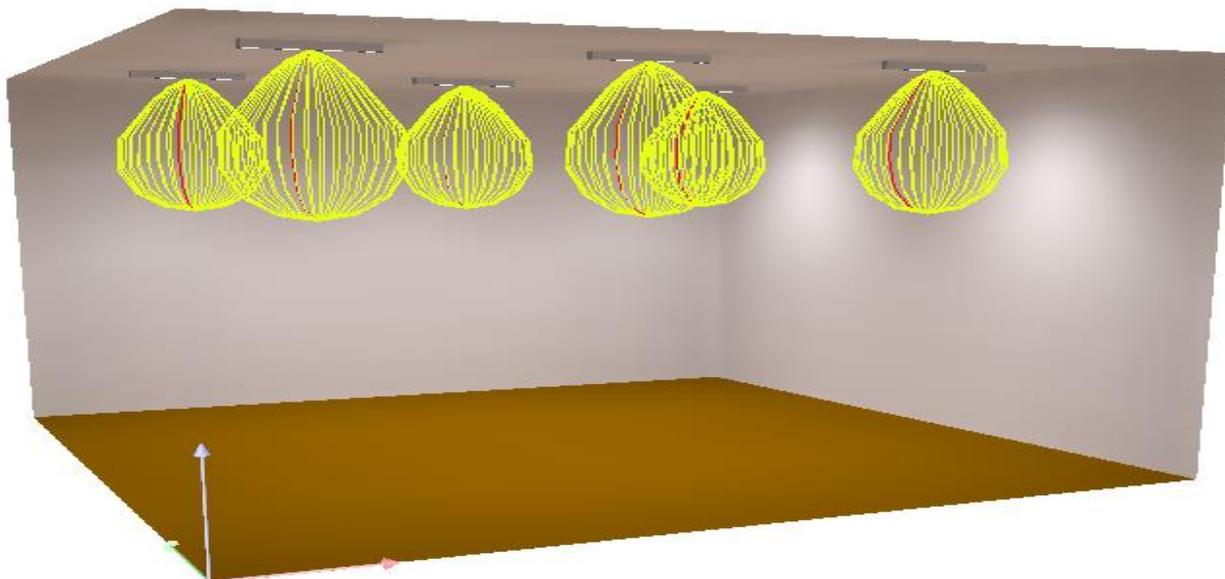
Gambar 5.1.2.24b. Sebaran Cahaya pada Ruang Dekan



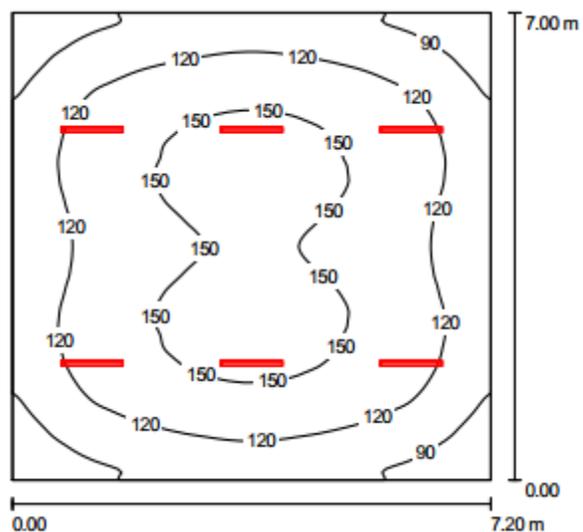
Gambar 5.1.2.25a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Tamu Dekan



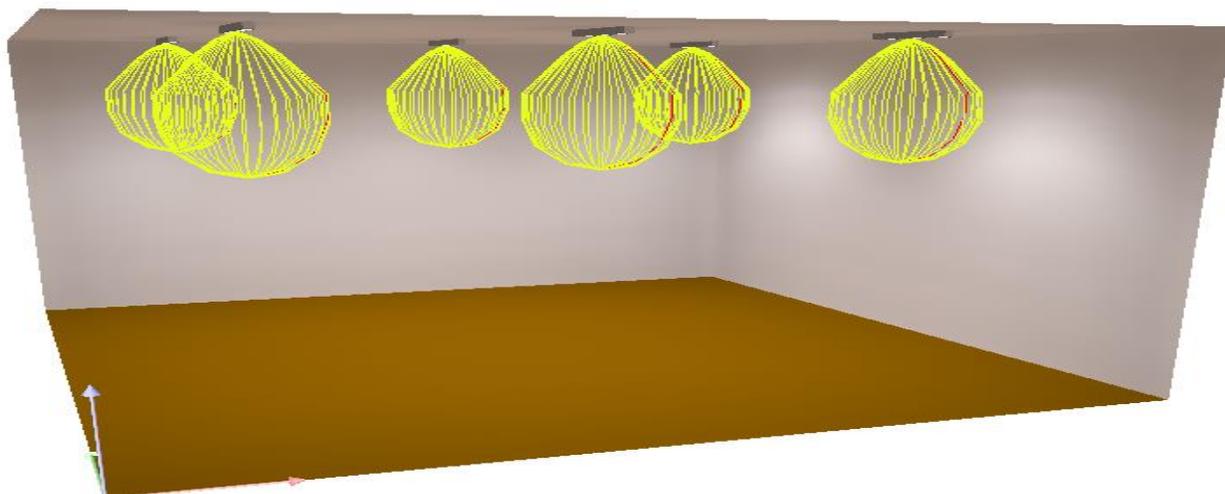
Gambar 5.1.2.25b. Sebaran Cahaya pada Ruang Tamu Dekan



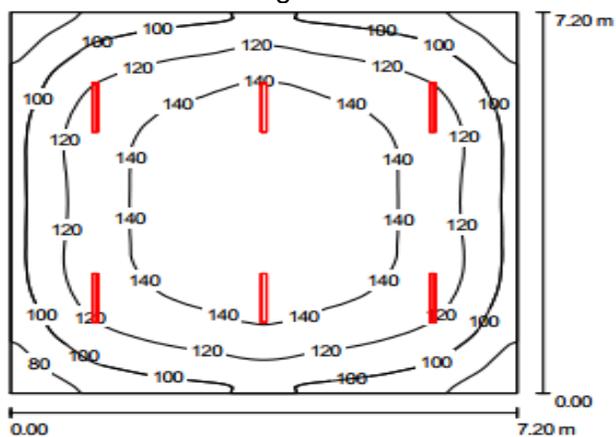
Gambar 5.1.2.26a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Tunggu Dekan



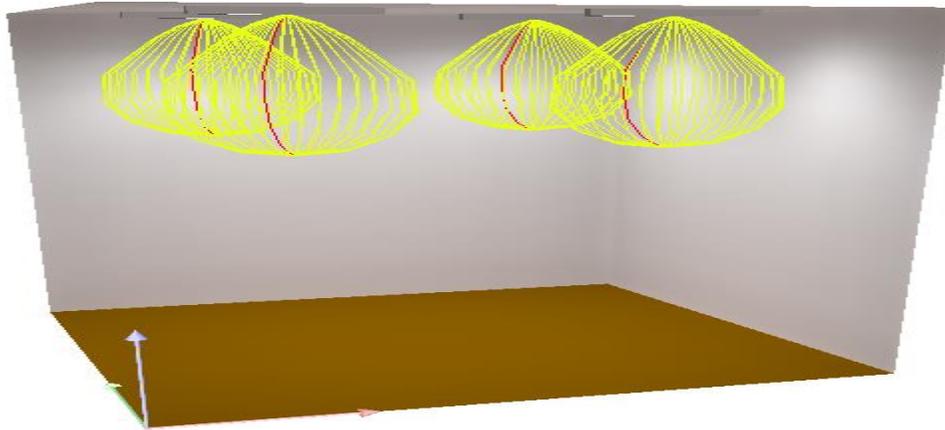
Gambar 5.1.2.26b. Sebaran Cahaya pada Ruang Tunggu Dekan



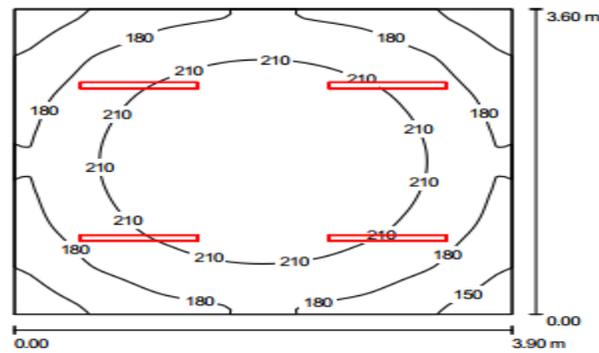
Gambar 5.1.2.27a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Wakil Dekan I / Ruang Staff Ahli



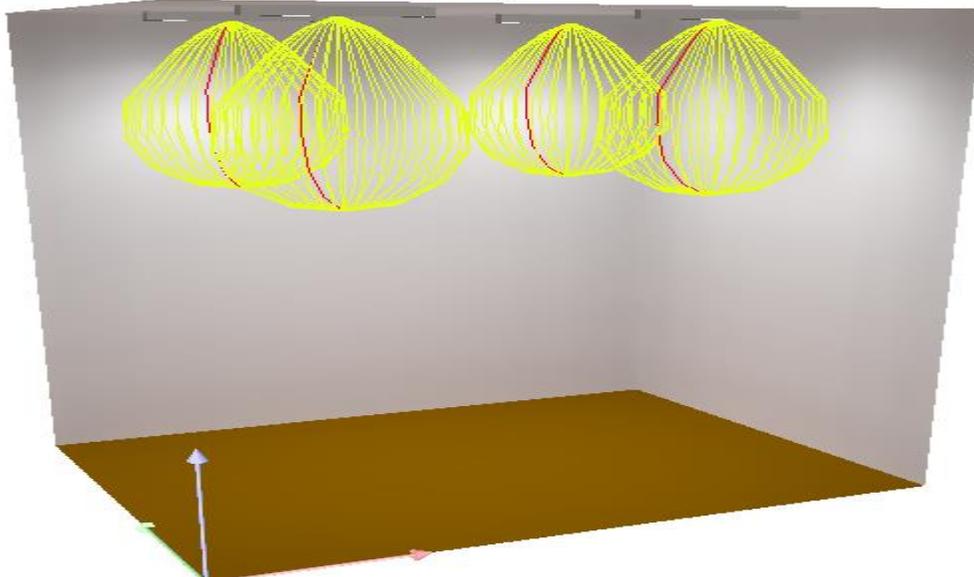
Gambar 5.1.2.27b. Sebaran Cahaya pada Ruang Wakil Dekan I / Ruang Staff Ahli



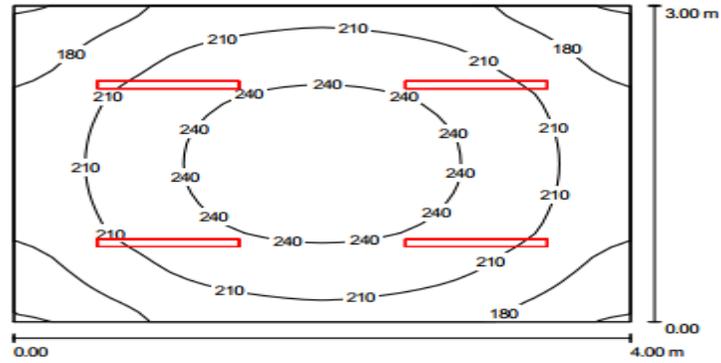
Gambar 5.1.2.28a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang UIK / Ruang Kerja



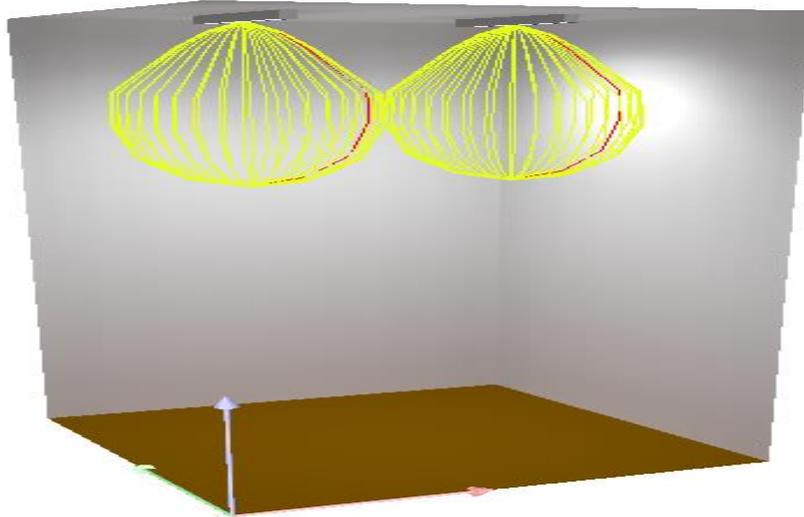
Gambar 5.1.2.28b. Sebaran Cahaya pada Ruang UIK / Ruang Kerja



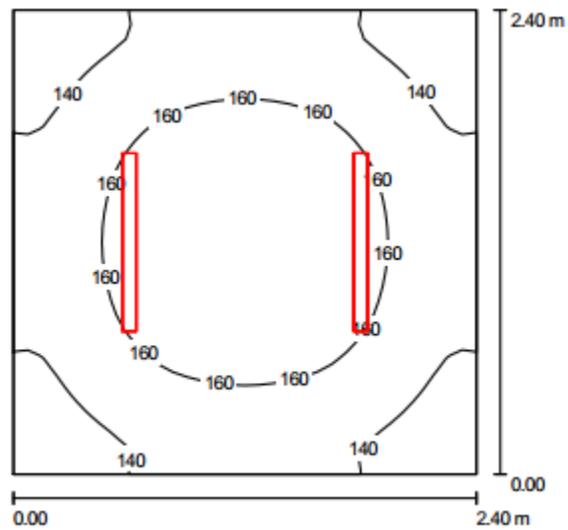
Gambar 5.1.2.29a. Bentuk Ruangan dan Tata Letak Lampu pada Ruang BKK / Mushola



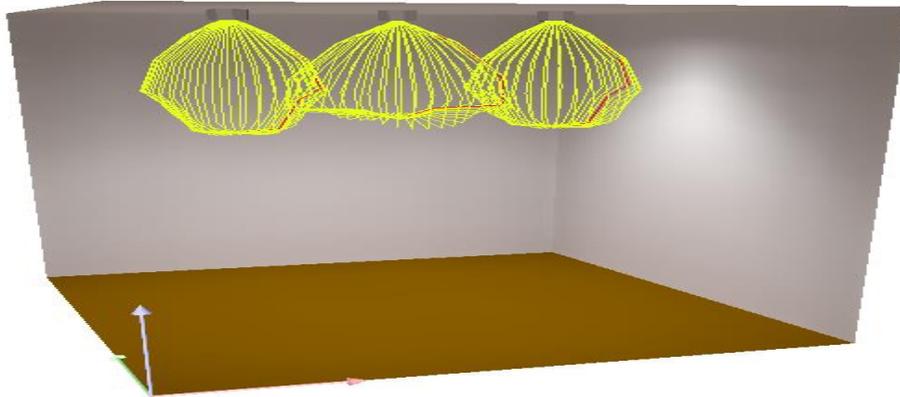
Gambar 5.1.2.29b. Sebaran Cahaya pada Ruang BKK / Mushola



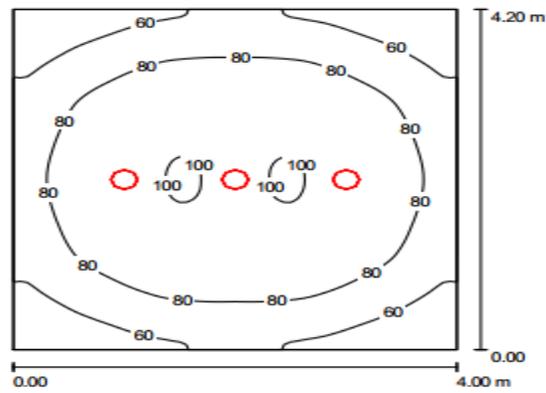
Gambar 5.1.2.30a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Gudang Lt. 2



Gambar 5.1.2.30b. Sebaran Cahaya pada Ruang Gudang Lt. 2



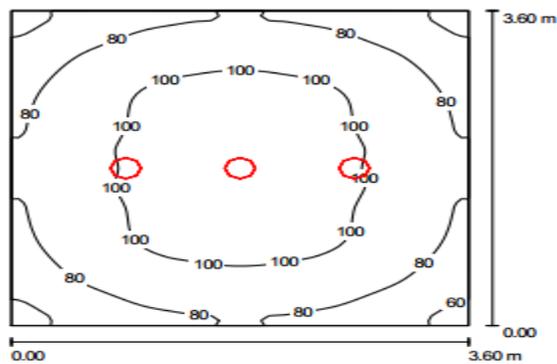
Gambar 5.1.2.31a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putra Barat Lt. 2



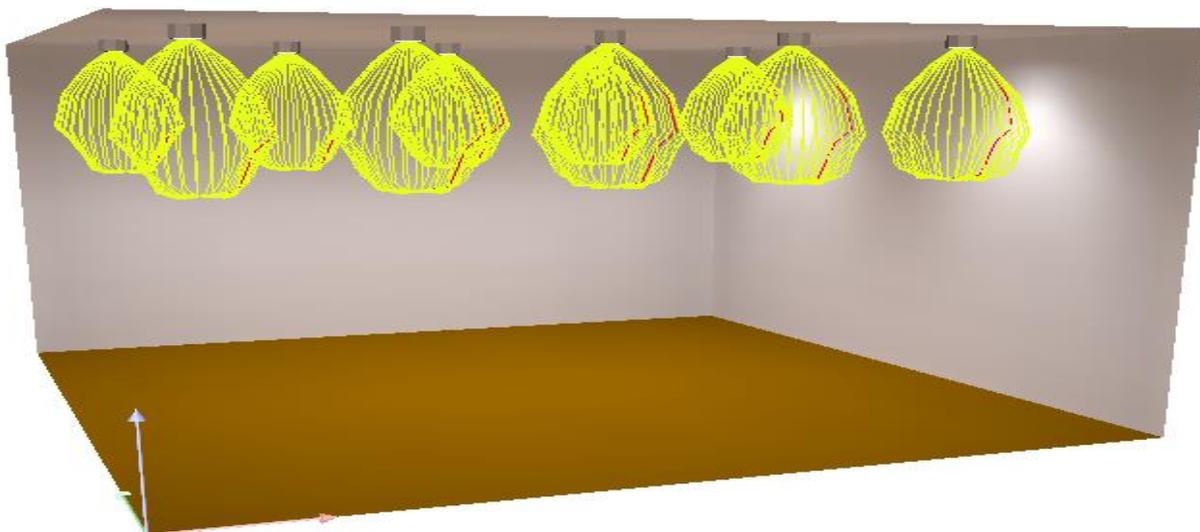
Gambar 5.1.2.31b. Sebaran Cahaya pada WC Putra Barat Lt. 2



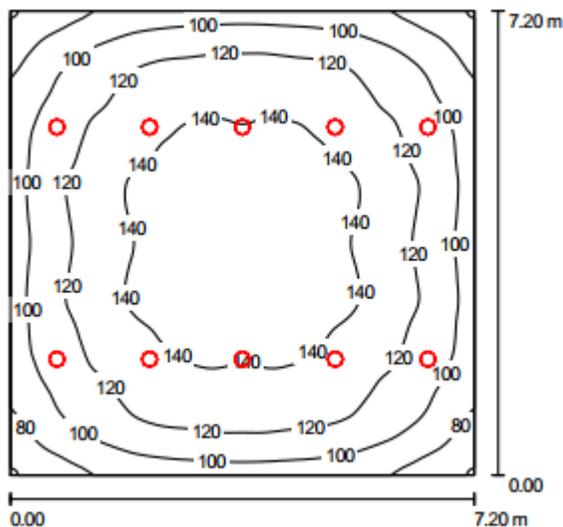
Gambar 5.1.2.32a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putri Barat Lt. 2



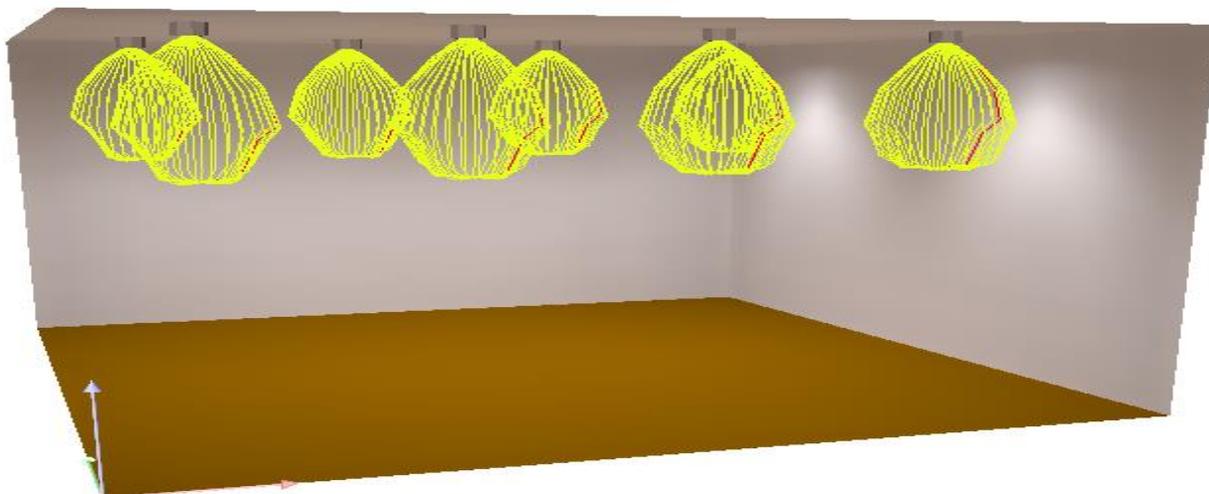
Gambar 5.1.2.32b. Sebaran Cahaya pada WC Putri Barat Lt. 2



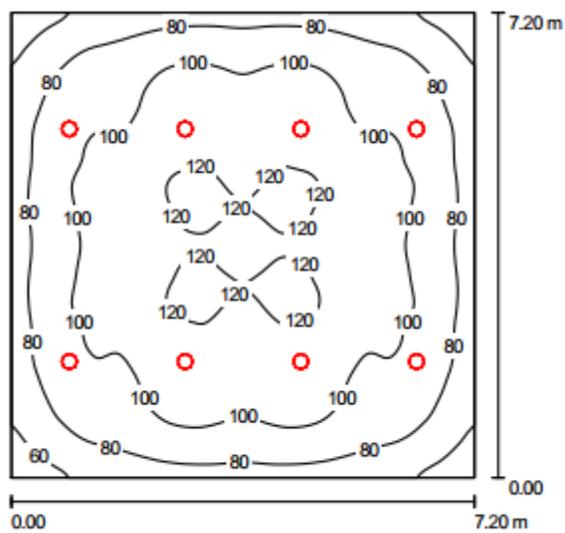
Gambar 5.1.2.33a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Kelas I



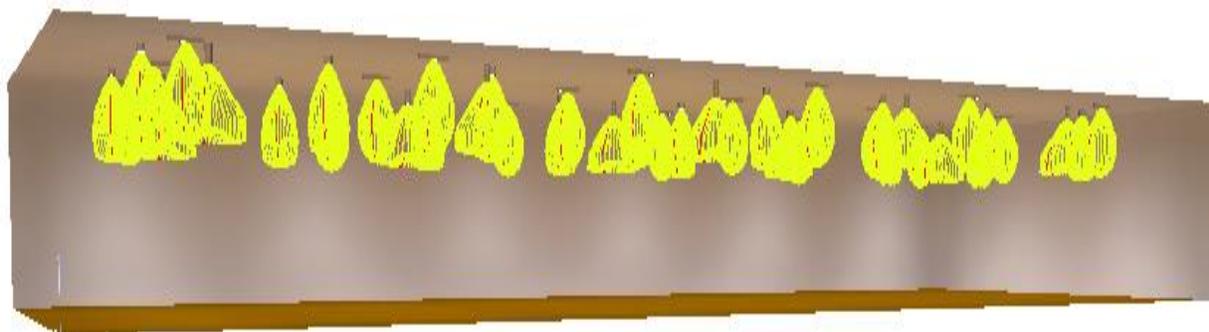
Gambar 5.1.2.33b. Sebaran Cahaya pada Ruang Kelas I



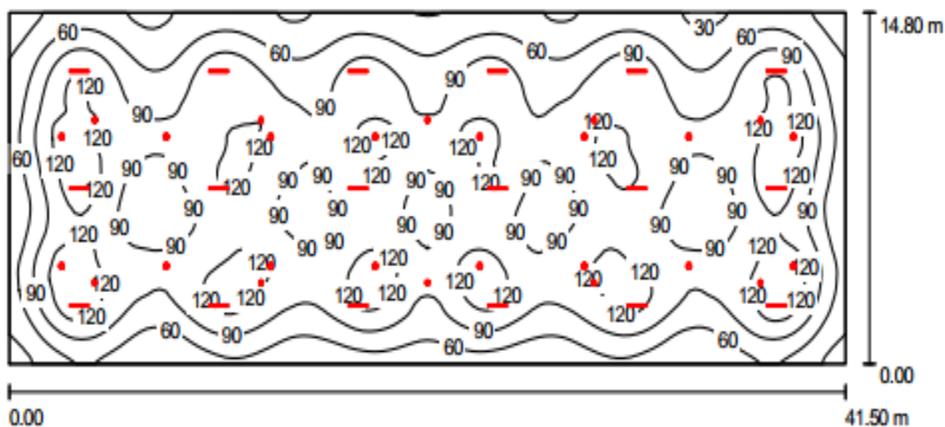
Gambar 5.1.2.34a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Kelas II



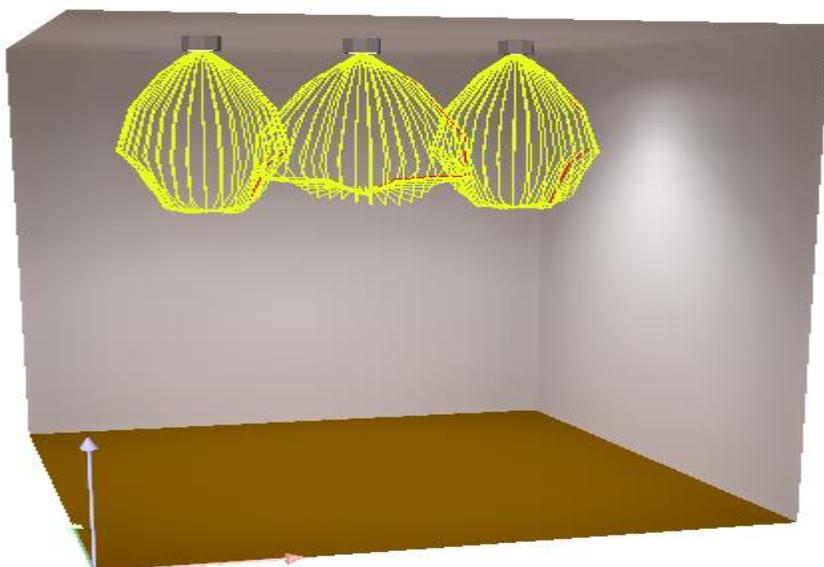
Gambar 5.1.2.34b. Sebaran Cahaya pada Ruang Kelas II



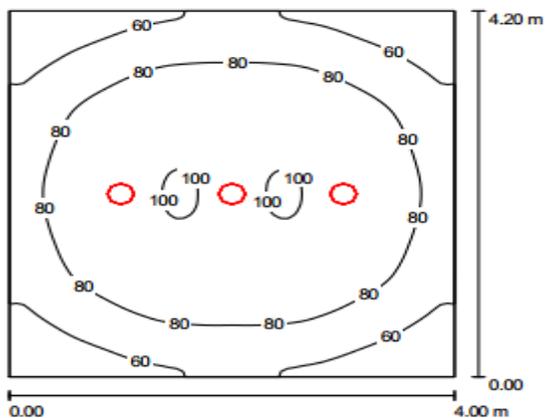
Gambar 5.1.2.35a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada Ruang Aula



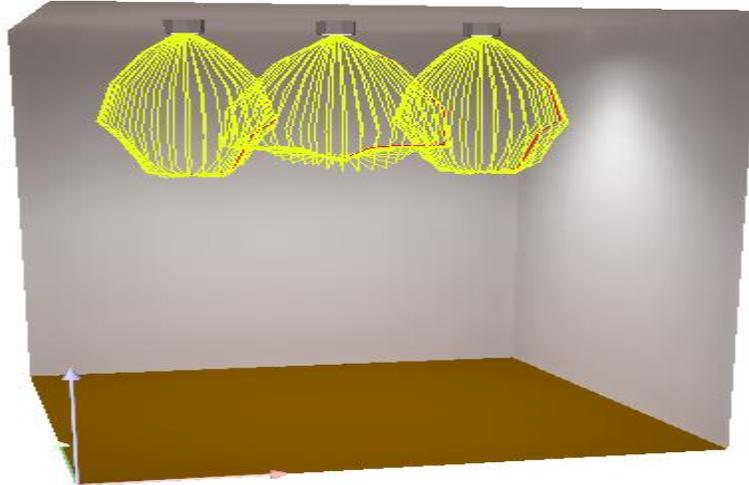
Gambar 5.1.2.35b. Sebaran Cahaya pada Ruang Aula



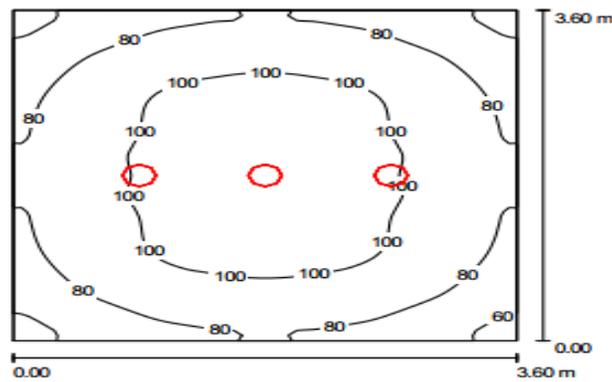
Gambar 5.1.2.36a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putra Barat Lt. 3



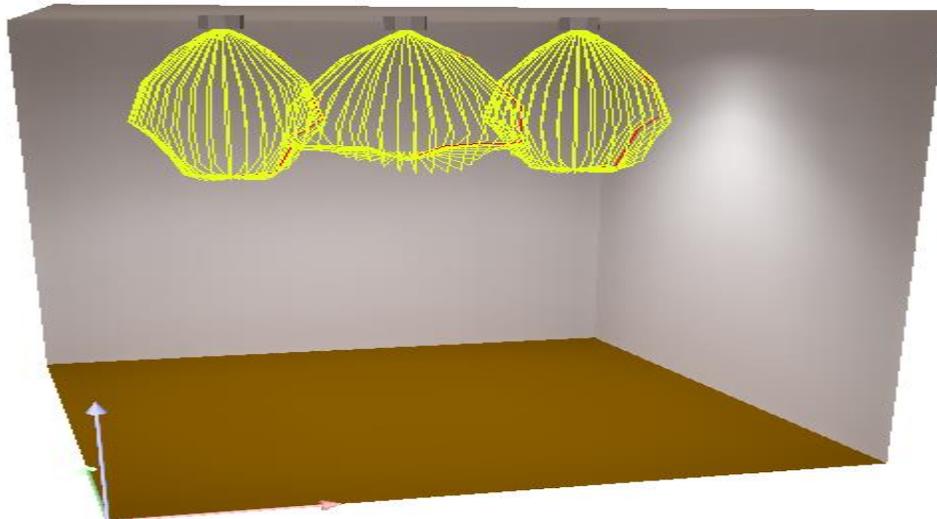
Gambar 5.1.2.36b. Sebaran Cahaya pada WC Putra Barat Lt. 3



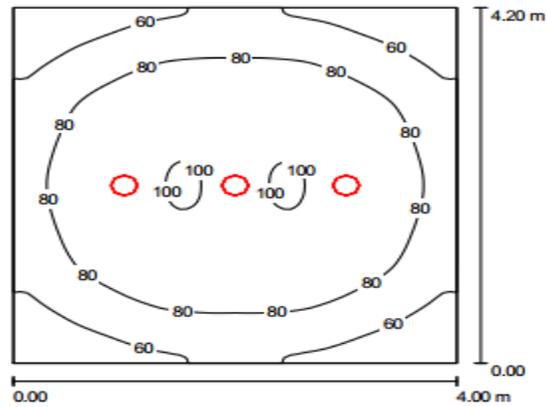
Gambar 5.1.2.37a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putri Barat Lt.3



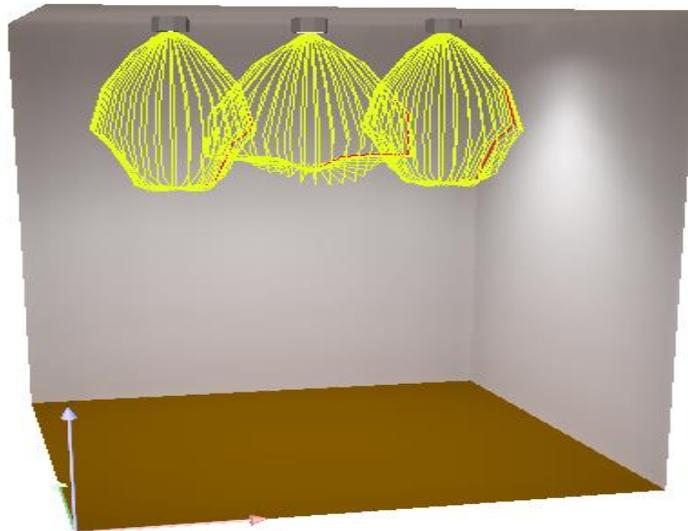
Gambar 5.1.2.37b. Sebaran Cahaya pada WC Putri Barat Lt.3



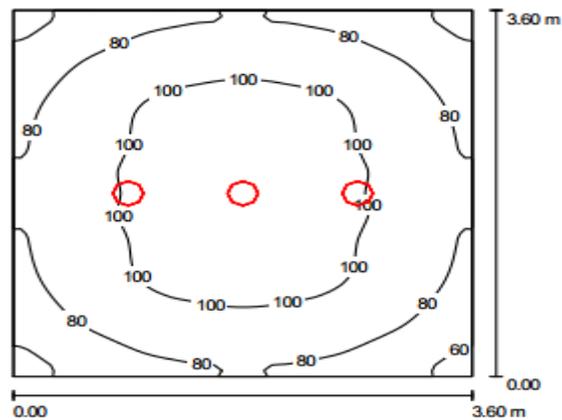
Gambar 5.1.2.38a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putra Timur Lt. 3



Gambar 5.1.2.38b. Sebaran Cahaya pada WC Putra Timur Lt. 3



Gambar 5.1.2.39a. Bentuk Ruang dan Tata Letak Lampu pada WC Putri Timur Lt. 3



Gambar 5.1.2.39b. Sebaran Cahaya pada WC Putri Timur Lt. 3

Dalam audit terhadap sistem pencahayaan di gedung Kantor Pusat Layanan Terpadu (KPLT) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, standar yang digunakan untuk menganalisis kualitas pencahayaan ruangan adalah SNI 6197-2011 dengan parameter standar sebagai berikut :

Tabel 5.1.2a Standar Tingkat Pencahayaan Minimum

No.	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (LUX)
1	Ruang Kantor	350
2	Ruang Kepala	350
3	Ruang Rapat	300
4	Mushola	200
5	Ruang Tamu	150
6	Gudang	100
7	Lobi	350
8	Dapur	250
9	Ruang Kelas	350

Dengan menggunakan parameter standar tingkat pencahayaan di atas, maka kualitas sistem pencahayaan pada masing-masing ruang yang diaudit ditunjukkan oleh tabel berikut ini.

Tabel 5.1.2b. Tingkat Pencahayaan Gedung Kantor Pusat Layanan Terpadu (KPLT) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

No.	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Tingkat Pencahayaan (LUX)		Ket
			Standar	Pengukuran	
1.	Ruang Tata Usaha Lt. 1	103.68	350	65,40	Kurang
2.	Ruang Wakil Dekan III (KTU-PD II) Lt. 1	51.84	350	202,00	Kurang
3.	Ruang Tunggu Timur Lt. 1	51.84	200	82,52	Kurang
4.	Ruang Loket 5/Ekspedisi Lt. 1	12.30	350	31,00	Kurang
5.	Ruang Gudang Lt. 1	12.30	150	26,67	Kurang
6.	WC Putra Timur Lt. 1	17.04	250	13,46	Kurang
7.	WC Putri Timur Lt. 1	17.04	250	13,46	Kurang
8.	Hall Lt. 1	388.80	200	27,91	Kurang
9.	Ruang Layanan Mahasiswa Lt. 1	103.68	350	65,40	Kurang
10.	Ruang Wakil Dekan II Lt. 1	51.84	350	202,00	Kurang
11.	Ruang Tunggu Barat Lt. 1	51.84	200	82,52	Kurang

12.	WC Putra Barat Lt. 1	17.04	250	13,46	Kurang
13.	WC Putri Barat Lt. 1	17.04	250	13,46	Kurang
14.	Ruang Rapat Fakultas Lt. 2	59.29	300	147.40	Kurang
15.	Ruang ICVET / Ruang Sidang Jur-5 Lt. 2	32.00	350	131.00	Kurang
16.	Ruang Sidang KPLT / Ruang Sidang Jur 6 Lt. 2	27.29	300	147.40	Kurang
17.	Ruang JPTK / Ruang Kerja Lt. 2	12.30	350	23.54	Kurang
18.	Pantri Lt. 2	12.30	250	23.54	Kurang
19.	Ruang Gudang Lt. 2	12.30	150	26.67	Kurang
20.	WC Putra Timur Lt. 2	17.04	250	11.60	Kurang
21.	WC Putri Timur Lt. 2	17.04	250	11.60	Kurang
22.	Hall Lt. 2	388.80	200	342.92	Memenuhi
23.	Ruang Sekretaris Dekan/ Ruang PD-4 Lt. 2	50.40	350	105.40	Kurang
24.	Ruang Tamu Dekan / Ruang Dekan Lt. 2	51.84	350	111.38	Kurang
25.	Ruang Dekan / Ruang Tamu Dekan Lt. 2	51.84	350	98.96	Kurang
26.	Ruang Tunggu Dekan	50.40	200	14.16	Kurang
27.	Ruang Wakil Dekan I / Ruang Staff Ahli Lt. 2	51.84	350	98.68	Kurang
28.	Ruang UUIK / Ruang Kerja Lt. 2	12.30	350	26.67	Kurang
29.	Ruang BKK / Musholla Lt. 2	12.30	350	26.67	Kurang
30.	Ruang Gudang Lt. 2	12.30	150	26.67	Kurang
31.	WC Putra Barat Lt. 2	17.04	250	11.60	Kurang
32.	WC Putri Barat Lt. 2	17.04	250	11.60	Kurang
33.	Ruang Kelas I Lt. 3	51.84	350	168.44	Kurang
34.	Ruang Kelas II Lt. 3	51.84	350	130.74	Kurang
35.	Ruang Aula Lt. 3	613.44	200	217.80	Memenuhi
36.	WC Putra Barat Lt. 3	17.04	250	11.60	Kurang
37.	WC Putri Barat Lt. 3	17.04	250	11.60	Kurang
38.	WC Putra Timur Lt. 3	17.04	250	11.60	Kurang
39.	WC Putri Timur Lt. 3	17.04	250	11.60	Kurang

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi bahwa semua ruang yang diaudit memiliki intensitas cahaya (lux) di bawah standar minimal yang ditetapkan oleh SNI 6197-2011. Kebutuhan daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan untuk setiap jenis ruangan bangunan berbeda-beda. Daya listrik maksimum per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana tercantum pada Tabel 5.1.2c.

Tabel 5.1.2c. Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan

Fungsi Ruangan		Daya Pencahayaan Maksimum (W/m ²) Termasuk Rugi-rugi <i>Ballast</i>
Perkantoran	Ruang resepsionis	13
	Ruang direktur	13
	Ruang kerja	12
	Ruang komputer	12
	Ruang rapat	12
	Ruang gambar	20
	Gudang arsip	6
	Ruang arsip aktif	12
	Ruang tangga darurat	4
	Ruang parkir	4
	Lobi	12
	Perpustakaan	11
	Dapur	7
	Ruang kamar	7
	Kelas	15
Ruang makan	7	

Sumber : SNI 6197-2011 tentang Konservasi energi pada sistem pencahayaan

Tabel 5.1.2d. Analisis Pencahayaan Kantor Pusat Layanan Terpadu (KPLT) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

No.	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
1	Ruang Tata Usaha Lt. 1	103.68	TL :: 40 W	18	756.0	7.29	Hemat
2	Ruang Wakil Dekan III (KTU-PD II) Lt. 1	51.84	TL :: 40 W	9	378.0	10.94	Hemat
3	Ruang Tunggu Timur Lt. 1	51.84	TL :: 40 W	9	378.0	7.29	Hemat
4	Ruang Loket 5/Ekspedisi Lt. 1	12.30	TL :: 40 W	3	126.0	10.50	Hemat
5	Ruang Gudang Lt. 1	12.30	TL :: 40 W	2	84.0	14.58	Hemat
6	WC Putra Timur Lt. 1	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
7	WC Putri Timur Lt. 1	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat

No.	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
8	Hall Lt. 1	388.80	TL :: 40 W	35	1470.0	3.78	Hemat
9	Ruang Layanan Mahasiswa Lt. 1	103.68	TL :: 40 W	12	504.0	4.86	Hemat
10	Ruang Wakil Dekan II Lt. 1	51.84	TL :: 40 W	9	378.0	10.94	Hemat
11	Ruang Tunggu Barat Lt. 1	51.84	TL :: 40 W	9	378.0	7.29	Hemat
12	WC Putra Barat Lt. 1	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
13	WC Putri Barat Lt. 1	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat
14	Ruang Rapat Fakultas Lt. 2	59.29	TL :: 40 W	18	756.0	26.25	Hemat
15	Ruang ICVET / Ruang Sidang Jur-5 Lt. 2	32.00	TL :: 40 W	9	378.0	11.67	Hemat
16	Ruang Sidang KPLT / Ruang Sidang Jur 6 Lt. 2	27.29	TL :: 40 W	9	378.0	11.67	Hemat
17	Ruang JPTK / Ruang Kerja Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	4	168.0	8.45	Hemat
18	Pantri Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	4	168.0	14.00	Hemat
19	Ruang Gudang Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	2	84.0	14.58	Hemat
20	WC Putra Timur Lt. 2	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
21	WC Putri Timur Lt. 2	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat
22	Hall Lt. 2	388.80	SL :: 18 W TL :: 40 W	20 16	1172.0	3.01	Hemat
23	Ruang Sekretaris Dekan/ Ruang PD-4 Lt. 2	50.40	TL :: 40 W	6	252.0	13.46	Hemat
24	Ruang Tamu Dekan / Ruang Dekan Lt. 2	51.84	TL :: 40 W	9	378.0	7.29	Hemat

No.	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
25	Ruang Dekan / Ruang Tamu Dekan Lt. 2	51.84	TL :: 40 W	8	336.0	6.48	Hemat
26	Ruang Tunggu Dekan	50.40	TL :: 40 W	6	252.0	5.00	Hemat
27	Ruang Wakil Dekan I / Ruang Staff Ahli Lt. 2	51.84	TL :: 40 W	6	252.0	4.86	Hemat
28	Ruang UUIK / Ruang Kerja Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	4	168.0	11.97	Hemat
29	Ruang BKK / Musholla Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	4	168.0	14.00	Hemat
30	Ruang Gudang Lt. 2	12.30	TL :: 40 W	2	84.0	14.58	Hemat
31	WC Putra Barat Lt. 2	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
32	WC Putri Barat Lt. 2	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat
33	Ruang Kelas I Lt. 3	51.84	SL :: 24 W	10	330.0	6.37	Hemat
34	Ruang Kelas II Lt. 3	51.84	SL :: 24 W	10	264.0	5.09	Hemat
35	Ruang Aula Lt. 3	613.44	TL :: 40 W SL :: 24 W PIJAR :: 34 W	18 16 10	1754.0	2.86	Hemat
36	WC Putra Barat Lt. 3	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
37	WC Putri Barat Lt. 3	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat
38	WC Putra Timur Lt. 3	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	5.42	Hemat
39	WC Putri Timur Lt. 3	17.04	SL :: 18 W PIJAR :: 25 W	1 2	91.0	7.02	Hemat

Berdasarkan tabel analisis diatas, kebanyakan ruangan mempunyai daya pencahayaan per meter persegi yang relatif memenuhi standar yang ada. Namun hal ini dikarenakan jumlah lampu yang tidak sesuai standart untuk memenuhi kebutuhan intensitan pencahayaan tiap ruangan. Dari segi energi, pemakaian daya dari beban pencahayaan pada gedung Kantor Pusat Layanan Terpadu (KPLT) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta terbilang hemat, tetapi dari segi kenyamanan yang didasarkan pada nilai intensitas kebutuhan cahaya tiap ruang, **belum ada satupun ruangan di gedung Kantor Pusat Layanan Terpadu (KPLT) Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta yang memenuhi standar.**

5.1.3 SISTEM TATA UDARA

Berdasarkan data-data hasil observasi dan hasil pengukuran temperatur maupun kelembaban, maka ada indikasi yang kuat telah terjadi pemborosan energi di dalam pengoperasian sistem tata udara untuk beberapa ruang yang dijadikan sampel pengamatan. Pemborosan energi tersebut dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

- a. Di beberapa ruang, pemborosan energi yang terjadi lebih disebabkan oleh tirai pada jendela kaca yang dibuka pada saat pengoperasian mesin AC. Kondisi ini tentu dapat memperbesar beban pendinginan ruangan karena meningkatnya transmisi dan radiasi panas melalui kaca dan akibatnya beban kerja mesin juga akan menjadi lebih berat, karena untuk mencapai temperatur ruangan yang ditentukan membutuhkan waktu yang lebih lama.
- b. Beberapa instalasi *outdoor units* tidak dilengkapi dengan pelindung/peneduh sehingga beberapa *outdoor units* tersebut dapat terkena sinar matahari secara langsung. Berdasarkan hasil studi, *outdoor units* yang terkena sinar matahari langsung konsumsi daya dari *outdoor units* tersebut akan naik sebesar 10%.
- c. Penggunaan mesin AC yang umurnya sudah cukup tua. Hal ini dapat berpengaruh terhadap konsumsi daya listrik oleh mesin di mana mesin-mesin AC yang sudah tua umumnya mengkonsumsi daya yang lebih besar daripada mesin-mesin AC yang masih baru untuk kapasitas pendinginan yang sama.

- d. Beberapa ventilasi pada ruangan yang tidak tertutup rapat sehingga radiasi dan transmisi kalor ke ruangan melalui ventilasi akan besar. Hal ini tentu saja akan meningkatkan beban pendinginan ruangan dan akan berpengaruh pada temperatur ruangan. Di samping itu dengan naiknya beban pendinginan akan menyebabkan mesin akan bekerja lebih berat.

5.2. SISTEM MANAJEMEN ENERGI

Dari hasil interview dengan pihak pengelola, berikut ini kondisi dan fakta sistem manajemen energi gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta:

- 1) Komitmen manajemen puncak, merupakan syarat mutlak bagi berjalannya program konservasi energi di suatu pengguna energi (dalam hal ini objek bangunan gedung). Tanpa adanya komitmen ini akan sulit untuk membentuk organisasi yang bertanggung jawab dan mengeksekusi program serta target-target efisiensi energi di suatu peralatan pengguna energi. Pada gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, kebijakan yang berkaitan dengan konservasi energi belum ada.
- 2) Organisasi Energi, merupakan elemen penting didalam tubuh Sistem Manajemen Energi, karena dengan organisasi yang efektif semua rencana-rencana aksi dan tugas-tugas pokok pelaksanaan dapat diimplementasikan. Pada gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, organisasi yang fokus terhadap pengelolaan pemanfaatan energi belum terbentuk.
- 3) Sistem monitoring (pemantauan) dan reporting (pelaporan) energi, tanpa adanya suatu sistem pemantauan dan metering energi akan sulit untuk mengidentifikasi suatu potensi penghematan disuatu pengguna energi. Disamping itu data-data yang diperlukan untuk database energi (untuk sistem pelaporan energi) tidak dapat dipenuhi tanpa adanya sistem metering dan tanpa adanya data tersebut juga sulit untuk merencanakan dan menetapkan target-target pengelolaan pemanfaatan dan penghematan energi. Sistem monitoring pada gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, berupa kwh meter PLN. Sistem analisis dan

evaluasi energi baru berupa rekening listrik, namun untuk memonitor perubahan-perubahan IKE yang sifatnya ekstrim belum ada dikarenakan organisasi pengelola energi belum terbentuk.

- 4) Implementasi program penghematan energi, merupakan program aksi (nyata) pelaksanaan penghematan energi. Tanpa adanya implementasi maka target maupun rencana program yang tersusun tidak dapat berjalan secara berkesinambungan. Pemahaman akan konservasi energi oleh pengelola gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta sudah ada, namun belum ada implementasi/investasi yang dilakukan.

Tools/alat yang digunakan dalam memotret dan menganalisis model/pola sistem manajemen energi di gedung Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta adalah menggunakan matrik manajemen energi. Matrik Manajemen Energi merupakan suatu tools/alat untuk mengukur kinerja/performansi model penerapan manajemen energi di pengguna energi seperti industri, gedung dan fasilitas-fasilitas pengguna energi lainnya.

Matrik Manajemen Energi memiliki 6 pilar utama yang dapat memetakan kondisi eksisting model penerapan manajemen energi disuatu pengguna energi kemudian dari peta tersebut dapat ditarik suatu aksi-aksi peningkatan dari model penerapan manajemen energi yang eksisting. Aksi-aksi peningkatan tersebut berupa rekomendasi dari masing-masing penilaian terhadap kondisi eksisting dari masing-masing pilar matrik manajemen energi.

Masing-masing pilar didalam matrik manajemen energi adalah:

Kebijakan dan Sistem, untuk mengukur bagaimana model kebijakan yang diambil oleh manajemen puncak didalam melakukan perencanaan dan pengelolaan terhadap pola penggunaan energinya.

Organisasi, untuk mengukur bagaimana model manajemen puncak didalam menerapkan sistem penugasan dan tanggung jawab personal yang terlibat didalam alur tugas sistem perencanaan, pengukuran, pemantauan, dan pelaporan terhadap pemanfaatan energinya.

Motivasi, untuk mengukur bagaimana model komunikasi yang terjadi diantara pengelola energi (organisasi/divisi yang bertanggung jawab terhadap kondisi suplai energi) dengan pengguna energi (organisasi/divisi yang menggunakan energi) didalam struktur internal perusahaan.

Sistem Informasi, untuk mengukur bagaimana model organisasi perusahaan yang terlibat dengan masalah energi (alur end to end energi) didalam mengelola sistem komunikasi informasi dan data energi yang digunakannya (apakah sudah terintegrasi atau masih spatial/terpisah di divisi/departemen masing-masing).

Promosi, untuk mengukur model tindakan atau upaya manajemen dalam rangka menjaga keberlangsungan dan/atau meningkatkan program-program yang telah dilakukan yang berkaitan dengan optimalisasi penggunaan energinya.

Investasi, untuk mengukur model kebijakan yang diambil manajemen dalam rangka peningkatan optimalisasi penggunaan energi yang berkaitan dengan masalah yang memerlukan biaya (investasi).

BAB V

PELUANG DAN REKOMENDASI PENGHEMATAN ENERGI

6.1. PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

Dari hasil pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan serta kalkulasi penggunaan energi terhadap bangunan Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY, masih terdapat peluang penghematan atau konservasi energi yang dapat dilakukan. Peluang penghematan meliputi aspek teknis dan aspek non teknis yang berkaitan dengan pengelolaan penggunaan energi.

6.1.1 SISTEM KELISTRIKAN

6.1.1.1 Sistem Kelistrikan

Berdasarkan analisis data kelistrikan yang telah dilakukan, terlihat bahwa secara teknis potensi dari segi kelistrikan berkaitan dengan potensi penghematan energi relatif kecil. Hal ini dikarenakan sistem langganan dan jenis tarif yang dimiliki oleh gedung tersebut. Berikut beberapa rekomendasi dari sisi kelistrikan di Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY.

a. Pembenahan Jaringan Instalasi Listrik pada Panel MDP

Dari pengamatan di lokasi, jaringan listrik pada panel MDP, panel SDP maupun outlet beban sangat tidak beraturan. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kebakaran maupun gagalnya kerja proteksi suatu system akibat buruknya instalasi. Dari segi kelistrikan, jaringan instalasi yang tidak beraturan akan memperbesar *distortion power*.

b. Pengecekan Kondisi Beban Penyebab *Unbalanced Voltage*

Berdasarkan pengukuran dan analisis yang telah dilakukan nilai tegangan phase pada setiap phase berbeda, hal ini menyebabkan muncul nilai unbalance voltage. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai unbalance voltage sudah melebihi standart. Nilai ketidakseimbangan tegangan yang melebihi batas 1% akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada peralatan seperti motor listrik, selain itu berakibat pada naiknya losses (rugi daya) serta berakibat juga pada pengurangan usia pakai dari peralatan 3 fasa yang terhubung pada sistem.

Kondisi *unbalance voltage* lebih sering disebabkan oleh variasi dari beban. Ketika beban satu fasa dengan fasa lain berbeda, maka saat itulah kondisi unbalance terjadi. Hal ini mungkin disebabkan oleh impedansi, tipe beban, atau jumlah beban berbeda satu fasa dengan fasa lain. Misal satu fasa dengan beban motor satu fasa, fasa lain dengan heater dan satunya dengan beban lampu atau kapasitor. Atau juga impedansi sebuah motor tidak sama fasa satu dengan yang lain.

Kemungkinan lain dari sekian banyak faktor yang menyebabkan terjadinya *unbalance voltage*, faktor yang kemungkinan besar menjadi penyebab terjadinya *unbalance voltage* di Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY yaitu jumlah beban setiap fasa berbeda dengan fasa lain. Implementasi yang dapat dilakukan atas kondisi ini yaitu dengan melakukan penyeimbangan beban dan memeriksa sambungan/join kabel terutama pada sisi sumber (MDP) dan panel-panel SDP.

c. Reduksi Ketidakseimbangan Arus

Nilai arus berdasarkan pengukuran dan analisis menunjukkan kondisi pembebanan yang terjadi di Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY sudah tidak seimbang karena batas standard ketidakseimbangan arus beban yang ditentukan oleh NEMA adalah 10%.

Berdasarkan kondisi tersebut, akan muncul arus yang mengalir di kawat netral. Arus netral ini perlu diperbaiki guna meminimalisir aliran arus yang terjadi di kawat netral karena dapat mengakibatkan terjadinya losses pada transformator.

Idealnya arus masing-masing fasa sebaiknya sama besar. Bila arus fasa tidak seimbangan, maka akan berakibat terhadap pemanasan peralatan terutama yaitu pada transformator dan motor.

Implementasi yang bisa dilakukan atas fenomena ini adalah dengan melakukan re- install atau pembagian beban listrik sehingga perbandingan penggunaan arus tiap fasa sama yang bertujuan untuk mengurangi adanya arus pada kawat netral.

d. Reduksi THD Arus

Berdasarkan hasil analisis, nilai THD arus di panel MDP Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY sudah melebihi batas standar yang ditentukan oleh IEEE. Harmonisa arus merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) tegangan, sehingga bentuk gelombang tegangan menjadi buruk (tidak sinusoidal) murni. Timbulnya harmonik disebabkan antara lain oleh adanya beban non linear, grounding yang tidak sempurna, banyaknya peralatan pengendali kecepatan putaran motor, dan lain-lain.

Akibat dari munculnya harmonik antara lain kondisi power faktor yang buruk, berpengaruh pada alat alat yang sensitif terhadap gelombang listrik, panas yang berlebihan pada *line netral* (beban satu phase), panas yang berlebihan pada elektro motor, munculnya dengung (*acoustic noise*) pada transformer dan switchgear, pemanasan yang tidak normal pada transformer, kerusakan pada alat koreksi faktor daya (*capacitor bank*), rugi-rugi energi.

Implementasi yang bisa dilakukan untuk mereduksi harmonic arus ini adalah dengan memasang filter harmonik. Pemasangan filter harmonik dengan tujuan reduksi harmonic arus akan dapat menghemat konsumsi listrik.

e. Re-drawing system kelistrikan

Hal lain yang perlu dilakukan yaitu melakukan re-drawing system kelistrikan Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY. Re-drawing system kelistrikan ini sangat penting dilakukan, terutama saat akan

melakukan penambahan beban ataupun melakukan penarikan kabel untuk beban listrik lain.

6.1.2. SISTEM PENCAHAYAAN

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas pencahayaan adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pemeliharaan secara rutin dengan cara melakukan pembersihan pada tabung lampu, hal ini dapat menjaga intensitas cahaya yang dikeluarkan lampu tidak terhambat oleh debu yang menempel pada tabung lampu
- b. Pada beberapa ruangan yang mempunyai umur lampu sudah lama, dapat dilakukan penggantian lampu yang intensitasnya sudah turun. Untuk itu diperlukan pengamatan terhadap semua lampu yang ada di dalam ruangan tersebut.
- c. Pada beberapa ruangan yang mempunyai warna dinding gelap, upaya yang dapat dilakukan adalah mengganti warna dinding dengan warna yang lebih cerah

Beberapa penggantian dan penambahan jumlah untuk mencapai nilai intensitas pencahayaan yang lebih tinggi dapat dilihat pada Tabel 6.1.2a dibawah ini

Tabel 6.1.2a. Rekomendasi Penggantian Lampu

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
1	Ruang TU	35.34	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	4.23	Hemat
2	Ruang TU 2	9.72	LED : W15L120 1xLED20S/840	3	49.8	5.12	Hemat
3	Ruang Kepala TU	14.96	LED : W15L120 1xLED20S/840	6	99.6	6.66	Hemat
4	Ruang BMN	10.92	LED : W15L120 1xLED20S/840	4	66.4	6.08	Hemat
5	Ruang Bid ADKL	91.46	LED : W15L120	20	332.0	3.62	Hemat

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
			1xLED20S/840				
6	Ruang Kepala	36.58	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	5.45	Hemat
7	Ruang Rapat Kepala	13.76	LED : W15L120 1xLED20S/840	6	99.6	7.24	Hemat
8	Ruang Bid. Surveilans	96.30	LED : W15L120 1xLED20S/840	20	332.0	3.45	Hemat
9	Ruang Bid PTL	99.51	LED : W15L120 1xLED20S/840	24	398.4	3.93	Hemat
10	Ruang Madya	17.00	LED : W15L120 1xLED20S/840	6	99.6	5.86	Hemat
11	Ruang Gudang ATK	11.52	LED : W15L120 1xLED20S/840	2	33.2	2.88	Hemat
12	Ruang Perpustakaan	29.15	LED : W15L120 1xLED20S/840	8	132.8	4.56	Hemat
13	Aula Lt. 3 Barat	213.30	LED : W15L120 1xLED20S/840	42	697.2	3.27	Hemat
14	Ruang Lab Entomologi	15.12	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	9.88	Hemat
15	Ruang Lab Parasitologi	39.42	LED : W15L120 1xLED20S/840	20	332.0	8.42	Hemat
16	Aula Gedung C	145.04	LED : W15L120 1xLED20S/840	36	597.6	4.12	Hemat
17	Ruang Lab Imuneserologi	16.24	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	12.27	Hemat
18	Ruang Diklat	16.80	LED : W15L120 1xLED20S/840	6	99.6	5.93	Hemat
19	Ruang Person Lab PP	33.64	LED : W15L120 1xLED20S/840	16	265.6	7.90	Hemat
20	Ruang Biologi	26.04	LED : W15L120 1xLED20S/840	15	249.0	9.56	Hemat
21	Ruang Pengujian Biologi 1	29.44	LED : W15L120 1xLED20S/840	15	249.0	8.46	Hemat
22	Ruang Pengujian Biologi 2	39.99	LED : W15L120 1xLED20S/840	20	332.0	8.30	Hemat
23	Ruang Lab Mikro	29.14	LED : W15L120 1xLED20S/840	15	249.0	8.54	Hemat
24	Lab Gas dan Radiasi	42.75	LED : W15L120 1xLED20S/840	24	398.4	9.32	Hemat

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
25	Ruang Lab Pengujian Gas	47.50	LED : W15L120 1xLED20S/840	24	398.4	8.39	Hemat
26	Ruang Lab Pengujian Gas 2	42.75	LED : W15L120 1xLED20S/840	24	398.4	9.32	Hemat
27	Ruang Pelayanan	28.16	LED : W15L120 1xLED20S/840	8	132.8	4.72	Hemat
28	Ruang Tunggu Pelanggan	44.84	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	4.44	Hemat
29	Ruang Kepegawaian	21.46	LED : W15L120 1xLED20S/840	8	132.8	6.19	Hemat
30	Ruang Personel Fisika dan Kimia air	23.20	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	8.59	Hemat
31	Ruang Uji Kimia 1	44.66	LED : W15L120 1xLED20S/840	20	332.0	7.43	Hemat
32	Ruang Lab Kimia	51.62	LED : W15L120 1xLED20S/840	24	398.4	7.72	Hemat
33	Ruang Uji Kimia 2	15.20	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	9.83	Hemat
34	Ruang Sampel	36.00	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	5.53	Hemat
35	Ruang Keuangan	18.76	LED : W15L120 1xLED20S/840	6	99.6	5.31	Hemat
36	Ruang Lab Padatan	27.84	LED : W15L120 1xLED20S/840	15	249.0	8.94	Hemat
37	Ruang Lab Padatan 2	42.72	LED : W15L120 1xLED20S/840	20	332.0	7.77	Hemat
38	Ruang Biomaker Staff	14.88	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	10.4	Hemat
39	Ruang AAS	28.32	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	5.28	Hemat
40	Lab. Biomaker	28.32	LED : W15L120 1xLED20S/840	15	249.0	8.79	Hemat
41	Ruang PMPK	15.93	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	9.38	Hemat
42	Lab Kalibrasi	17.50	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	11.38	Hemat
43	Lab. PPTG	22.54	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	6.63	Hemat
44	Ruang Uji PPTG	26.68	LED : W15L120	15	249.0	9.33	Hemat

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Spesifikasi dan Analisis				
			Jenis Lampu	Jml	Daya Total (W)	W/m ²	Ket
			1xLED20S/840				
45	Ruang Virologi 1	8.40	LED : W15L120 1xLED20S/840	4	66.4	7.90	Hemat
46	Ruang Virologi 2	13.20	LED : W15L120 1xLED20S/840	9	149.4	11.32	Hemat
47	Ruang Virologi 3	22.80	LED : W15L120 1xLED20S/840	12	199.2	8.74	Hemat

Dari rekomendasi tersebut, perbandingan daya total dan daya per meter persegi sebelum dan sesudah penggantian lampu dapat dilihat pada tabel 6.1.2b di bawah ini.

Tabel 6.1.2b. Perbandingan Daya Sebelum dan Sesudah Penggantian Lampu

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Sebelum Penggantian (A)		Penggantian Sesuai Standar (B)		Rekomendasi Penggantian (C)		Selisih (B - C)	
			Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²
1	Front Office	26.76	252.0	9.42	329	12.29	-	-	-	-
2	Ruang TU	35.34	200.0	5.66	750	21.22	149.4	4.23	600.6	16.99
3	Ruang TU 2	9.72	50.0	5.14	225	23.15	49.8	5.12	175.2	18.03
4	Ruang Kepala TU	14.96	77.0	5.15	154	10.29	99.6	6.66	54.4	3.63
5	Ruang BMN	10.92	77.0	7.05	77	7.05	66.4	6.08	10.6	0.97
6	Ruang Bid ADKL	91.46	616.0	6.71	77	6.71	332.0	3.62	-255	3.09
7	Ruang Kepala	36.58	231.0	6.31	308	8.42	199.2	5.45	108.8	2.97
8	Ruang Rapat Kepala	13.76	96.0	6.98	375	27.25	99.6	7.24	275.4	20.01
9	Ruang Bid. Surveilans	96.30	770.0	8.00	616	6.4	332.0	3.45	284	2.95
10	Ruang Bid PTL	99.51	693.0	6.84	616	6.08	398.4	3.93	217.6	2.15
11	Ruang Madya	17.00	77.0	4.53	154	9.06	99.6	5.86	54.4	3.2
12	Ruang Gudang ATK	11.52	96.0	8.33	48	4.17	33.2	2.88	14.8	1.29
13	Ruang Perpus	29.15	308.0	10.57	231	7.92	132.8	4.56	98.2	3.36
14	Aula Lt. 3 Barat	213.30	1306.0	6.13	1306	6.13	697.2	3.27	608.8	2.86
15	Aula Lt. 3 Timur	71.30	459.0	6.44	715	10.03	-	-	-	-
16	Ruang Lab Entomologi	15.12	173.0	11.44	173	11.44	149.4	9.88	23.6	1.56

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Sebelum Penggantian (A)		Penggantian Sesuai Standar (B)		Rekomendasi Penggantian (C)		Selisih (B - C)	
			Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²
17	Ruang Lab Parasitologi	39.42	223.0	5.66	608	15.42	332.0	8.42	276	7.00
18	Aula Gedung C	145.04	528.0	3.64	1200	8.27	597.6	4.12	602.4	4.15
19	Ruang Lab Imuneserologi	16.24	96.0	5.91	288	17.73	199.2	12.27	88.8	5.46
20	Ruang Diklat	16.80	102.0	6.07	179	10.65	99.6	5.93	79.4	4.72
21	Ruang Person Lab PP	33.64	192.0	5.71	576	17.12	265.6	7.90	310.4	9.22
22	Ruang Biologi	26.04	240.0	9.22	432	16.59	249.0	9.56	183	7.03
23	Ruang Pengujian Biologi 1	29.44	192.0	6.52	432	14.67	249.0	8.46	183	6.21
24	Ruang Pengujian Biologi 2	39.99	240.0	6.00	720	18	332.0	8.30	388	9.7
25	Ruang Lab Mikro	29.14	346.0	11.87	346	11.87	249.0	8.54	97	3.33
26	Lab Gas dan Radiasi	42.75	154.0	3.60	462	10.81	398.4	9.32	63.6	1.49
27	Ruang Lab Pengujian Gas	47.50	308.0	6.48	616	12.97	398.4	8.39	217.6	4.58
28	Ruang Lab Pengujian Gas 2	42.75	154.0	3.60	462	10.81	398.4	9.32	63.6	1.49
29	Ruang Pelayanan	28.16	194.0	6.89	194	6.89	132.8	4.72	61.2	2.17
30	Ruang Tunggu Pelanggan	44.84	175.0	3.90	875	19.51	199.2	4.44	675.8	15.07
31	Ruang Kepegawaian	21.46	96.0	4.47	192	8.95	132.8	6.19	59.2	2.76
32	Ruang Personel Fisika dan Kimia air	23.20	192.0	8.28	192	8.28	199.2	8.59	-7.2	-0.31
33	Ruang Uji Kimia 1	44.66	298.0	6.67	606	13.57	332.0	7.43	274	6.14

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Sebelum Penggantian (A)		Penggantian Sesuai Standar (B)		Rekomendasi Penggantian (C)		Selisih (B - C)		
			Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	Daya Total (W)	W/m ²	
34	Ruang Lab Kimia	51.62	346.0	6.70	654	12.67	398.4	7.72	255.6	4.95	
35	Ruang Uji Kimia 2	15.20	77.0	5.07	77	5.07	149.4	9.83	-72.4	-4.76	
36	Ruang Sampel	36.00	250.0	6.94	250	6.94	199.2	5.53	50.8	1.41	
37	Ruang Keuangan	18.76	125.0	6.66	125	6.66	99.6	5.31	25.4	1.35	
38	Ruang Lab Padatan	27.84	221.0	7.94	375	13.47	249.0	8.94	126	4.53	
39	Ruang Lab Padatan 2	42.72	346.0	8.10	346	8.1	332.0	7.77	14	0.33	
40	Ruang Biomaker Staff	14.88	125.0	8.40	125	8.4	149.4	10.4	-24.4	-2.00	
41	Ruang AAS	28.32	144.0	5.08	288	10.17	149.4	5.28	138.6	4.89	
42	Lab. Biomaker	28.32	192.0	6.78	432	15.25	249.0	8.79	183	6.46	
43	Ruang PMPK	15.93	96.0	6.03	384	24.11	149.4	9.38	234.6	14.73	
44	Lab Kalibrasi	17.50	125.0	7.14	279	15.94	199.2	11.38	79.8	4.56	
45	Lab. PPTG	22.54	96.0	4.26	432	19.17	149.4	6.63	282.6	12.54	
46	Ruang Uji PPTG	26.68	77.0	2.89	308	11.54	249.0	9.33	59	2.21	
47	Ruang Virologi 1	8.40	48.0	5.71	192	22.86	66.4	7.90	125.6	14.96	
48	Ruang Virologi 2	13.20	125.0	9.47	279	21.14	149.4	11.32	129.6	9.82	
49	Ruang Virologi 3	22.80	96.0	4.21	432	18.95	199.2	8.74	232.8	10.21	
			TOTAL							7727.8	259.46

- *) kondisi penghematan tersebut dapat dicapai apabila ruangan yang sudah ada, merupakan ruangan yang memiliki tingkat pencahayaan sesuai dengan standar yang berlaku (SNI 6197- 2011).

Dari Tabel 6.1.2b diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penggantian lampu seperti pada tabel rekomendasi diatas, penghematan yang dapat dilakukan dalam system pencahayaan sebesar **7727.8 W**. Apabila setiap hari diasumsikan jam operasional pencahayaan adalah 8 jam, maka dalam **satu bulan penghematan yang didapat sebesar $7727.8 \times 8 \times 20$ (total hari kerja dalam satu bulan) = 1,236.45 kWh atau sebesar Rp. 1,814,215.42 selama sebulan.**

6.1.3. SISTEM TATA UDARA

Berdasarkan hasil pengamatan, refrijeran yang digunakan pada sistem pengkondisi udara di gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY adalah jenis R-22, apabila manajemen Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY kedepannya memiliki rencana untuk mengganti refrijeran eksisting ke jenis hidrokarbon MC-22 akan ada potensi penghematan energi sebesar 14 s.d 32% dari konsumsi energi di tata udara.

Selain itu, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan juga diperoleh data bahwa setting suhu di ruangan berkisar antara 19 derajat celcius sampai 24 derajat celcius, bila setting suhu pengoperasian di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY ditetapkan antara 24-25 derajat celcius, maka setiap menurunkan 1 derajat pada AC akan menyebabkan kenaikan konsumsi listrik meningkat 6%.

Salah satu tindakan yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan energi di gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY adalah dengan melakukan retrofiting refrijeran R-22 ke refrijeran hidrokarbon MC-22. Beberapa alasan pemilihan penggunaan hidrokarbon antara lain: 1) Dapat menghemat konsumsi listrik diperalatan AC sebesar 14 s.d 32% (*best experience*) dari konsumsi listrik pada unit AC tersebut. Hal ini disebabkan oleh sifat hidrokarbon yang lebih ringan sehingga daya kompresi lebih kecil dari sebelumnya; 2) Kapasitas pendinginan lebih besar dari freon, atau hidrokarbon dapat menyerap kalor lebih besar dari freon pada kapasitas yang sama; dan 3) Hidrokarbon lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis penggantian refrigerant R-22 ke refrigerant hidrokarbon pada 63 unit AC split di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY, diperoleh **potensi penghematan 11.249,68 kWh per bulan** (asumsi 20 hari kerja efektif dalam satu bulan dan penggunaan selama 8 jam per hari). Selain tindakan penggantian refrigerant hidrokarbon, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik di Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY adalah standarisasi prosedur pengoperasian sistem pengkondisi udara. Sebagaimana yang disampaikan di atas, pola pengoperasian sistem pengkondisi udara di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY berkisar pada suhu 23 derajat celcius sampai 25 derajat celcius, bila setting temperatur operasi dinaikkan menjadi 24-25 derajat celcius, maka akan diperoleh **potensi penghematan energi listrik sebesar 1.110,01 kWh setiap bulan**.

6.2. REKOMENDASI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

6.2.1. Rekomendasi Peluang Penghematan Teknis

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan dan data yang diperoleh, serta hasil analisis yang telah dijelaskan di atas, maka secara teknis potensi penghematan di Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY ditunjukkan pada tabel 6.2.1.

Tabel 6.2.1. Rekomendasi Potensi Penghematan Energi

KONSUMSI ENERGI TOTAL (kWh)								326768.18
BIAYA KONSUMSI ENERGI TOTAL (Rp)								476149436
NO	REKOMENDASI PENGHEMATAN ENERGI	SAVING ENERGI		SAVING MONEY		BIAYA IMPLEMENTASI (Rp)	SIMPLE PAYBACK PERIODE (Tahun)	KETERANGAN
		kWh/thn	%	Rp/Thn	%			
A. MANUSIA								
1	Pengelolaan beban secara komprehensif melalui pembentukan organisasi yang bertanggungjawab mengelola penggunaan energi	9803.05	3.00	14383812	3.02	0	0.00	NO COST
B. SISTEM								
1	Penurunan suhu operasi pengkondisi ruang (dikurangi dua derajat dari suhu operasi biasanya)	13320.58	4.08	19545015	4.10	0	0.00	NO COST
2	Penggantian refrigerant R22 dengan hidrokarbon pada unit AC Split	32399.08	9.92	47538520	9.98	32550000	0.68	MEDIUM COST
3	Pemangkasan beban saat jam istirahat	3267.68	1.00	4794604	1.01	0	0.00	NO COST
4	Penggantian jenis lampu	7418.69	2.27	10885293	2.29	85973360	7.90	HIGH COST
TOTAL		66209.07	20.26	97147244	20.40	118523360	1.22	

Selain rekomendasi yang telah disampaikan pada tabel 6.2.1, beberapa saran teknis yang perlu dilakukan pihak pengelola Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY diantaranya: pembenahan dan pemeliharaan panel listrik.

Berdasarkan pengamatan di lokasi, jaringan listrik pada panel MDP Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY, ada beberapa panel dalam kondisi yang kurang rapi dan terawat. Hal ini dapat mengakibatkan keandalan dari sistem kelistrikan menurun.

6.2.2. Rekomendasi Peluang Penghematan Non Teknis

Selain rekomendasi yang bersifat teknis, tabel 6.2.2 berikut berisi rekomendasi non-teknis yang perlu dilakukan pihak pengelola Gedung Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit DIY.

Tabel 6.2.2. Rekomendasi Non-Teknis

No.	Rekomendasi Non-Teknis	Tujuan / Manfaat
1.	Pembentukan tim pengelola energi	<ul style="list-style-type: none">• melaksanakan usaha konservasi energi secara lebih serius• mengelola penggunaan energi• memberi masukan kepada pihak manajemen mengenai program-program penghematan yang mungkin dilakukan di lingkungan perusahaan
2.	Kampanye "Hemat Energi" melalui himbauan, pengumuman atau aturan	<ul style="list-style-type: none">• mensosialisasikan budaya "Hemat Energi"• mengefisienkan dan memotong biaya energi
3.	Menugaskan staf dan karyawan untuk mengikuti pelatihan di bidang konservasi energi	<ul style="list-style-type: none">• membekali staf dan karyawan dengan wawasan, pengetahuan dan teknik melakukan usaha konservasi energi sesuai bidang tugasnya masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2011. Pedoman Teknis Audit Energi “Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO₂ di Sektor Industri (Fase 1)”. Kementerian Perindustrian: Jakarta.
2. Brescu, “Organisational Aspects Of Energy Management”, Januari 1993.
3. Departemen Kesehatan Republik. Pedoman Pencahayaan di Rumah Sakit. Departemen Direktorat Jendral Pelayanan Medik Depkes RI, Sekretariat Negara, Jakarta, 1992.
4. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral "Statistik Ketenagalistrikan No.29 ", 2016.
5. Dugan, R.C., McGranaghan, M. F., dan Beaty, H. W. "Electrical Power Systems Quality". New York: McGraw-Hill, 1996
6. ESDM, “Energi Bersih : Indonesia mau , Indonesia mampu,” ESDM Mag, p. 02, 2012.
7. ESDM, “Peraturan Menteri ESDM no 14 Tentang Manajemen Energi.” p.02, 2012.
8. Granados-Lieberman, D., et al. "Techniques and methodologies for power quality analysis and disturbances classification in power systems: a review." *Generation, Transmission & Distribution, IET* 5.4: 519-529, 2011.
9. IEA et al . 2010. *World Energy Outlook 2010*. OECD : Paris.
10. IEEE Std 519-1992, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System”, IEEE, NewYork, 1993.
11. Kementerian Perindustrian (BPKIMI), “Pedoman Teknis Audit Energi dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi Co₂ di Sektor Industri (Fase 1)”, 2011.
12. Linsley, Trevor. “Instalasi Listrik Tingkat Lanjut”. Terjemahan: Wiwit Kastawan. Jakarta: Erlangga. 2004
13. M. Muchlis and A. D. Permana, “Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 s.d 2020.” [Online]. Available: www.oocities.org.
14. Maleki, Akbar Hatamian. "Energi auditing of the office building of Electric Power Distribution Management in Malekan: A technical and economic

- evaluation of approaches for energi saving." Electrical Power Distribution Networks (EPDC), 2013 18th Conference on. IEEE, 2013.
15. N. M. Ijumba and J. Ross, "Electrical Energy Audit and Load Management for Low Income Consumers" IEEE, 0-7803-3019-6/96, 1996.
 16. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi. 2009.
 17. Sankaran, C.. "Power Quality". Washington, D. C.: CRC Press, 2001.
 18. SNI, "Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan," SNI 03-6197-2011, 2011.
 19. SNI, "Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung," SNI 03-6390-2010, 2010.
 20. SNI, "Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung," SNI 03-6196-2010, 2010.
 21. Statistik Ketenagalistrikan 2017 : Edisi No 31 tahu 2018 : Kementerian ESDM Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan
 22. United Nations Environment Programme "Pedoman Efisiensi Energi untuk Industry di Asia", Agustus 2011.