

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Teori

Berikut adalah teori-teori yang dipakai dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

2.1.1 Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Adapun sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi. Sumber daya energi dapat didefinisikan sebagai sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi. Dari paparan di atas, definisi dari konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta peningkatan efisiensi pemanfaatannya [3].

2.1.2 Sistem Manajemen Energi

Ada banyak diskusi tentang definisi spesifik dari istilah-istilah seperti efisiensi energi, penggunaan energi, konsumsi energi, intensitas energi, dll [4].

Efisiensi energi adalah segala usaha untuk melakukan penghematan dalam pemakaian energi dalam proses operasional suatu bidang pekerjaan

atau industri dengan memerhatikan sisi produktivitas, keamanan, kesinambungan dan kualitas produk atau layanan.

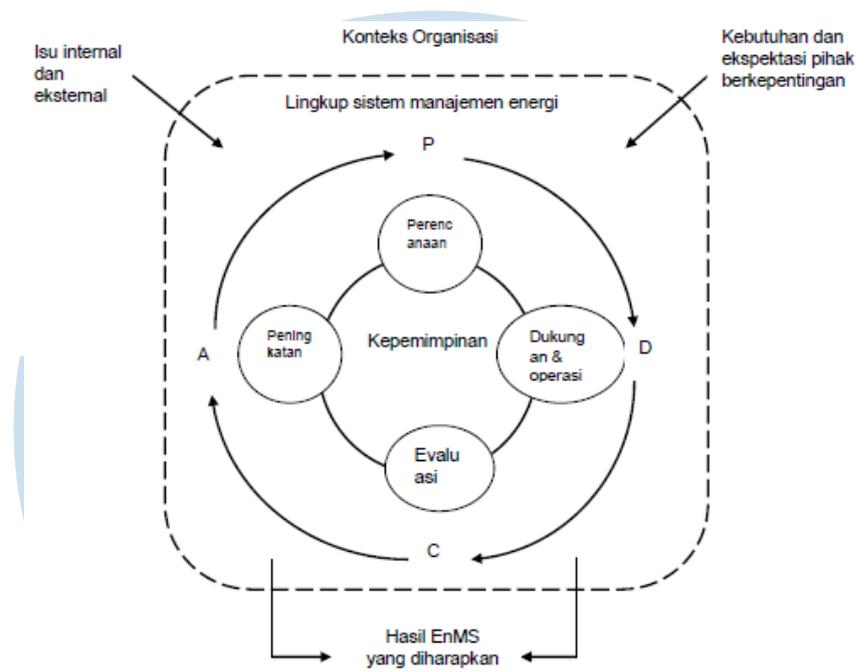
Sistem manajemen energi adalah sistem manajemen untuk menetapkan kebijakan energi, tujuan, target energi, rencana, aksi, dan proses untuk mencapai target energi [5].

Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi menjelaskan bahwa konservasi energi nasional meliputi seluruh tahap pengelolaan energi, yaitu kegiatan penyediaan, penggunaan, dan pemanfaatan energi serta konservasi sumber daya energi [2].

Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi adalah landasan hukum utama pengelolaan energi Nasional, dengan salah satu pertimbangan utamanya adalah keterbatasan cadangan sumber daya energi tak terbarukan sehingga diperlukan penganekaragaman sumber daya energi untuk menjamin ketersediaan energi [2].

UMN

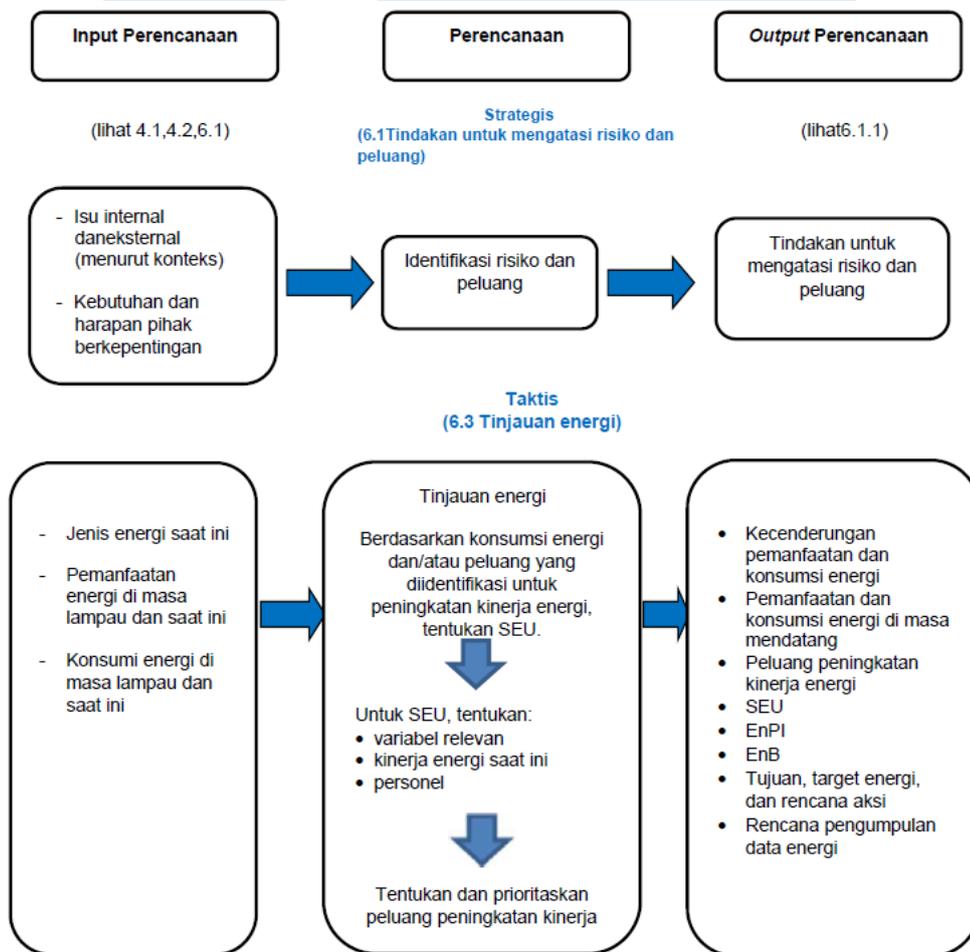
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 2. 1 Siklus PDCA
Sumber:[5]

Langkah pertama dalam siklus PDCA adalah plan atau perencanaan. Dalam tahap ini, perencanaan penghematan energi disusun secara sistematis dan berkesinambungan. Langkah selanjutnya, adalah do atau mengeksekusi rencana penghematan. Langkah selanjutnya adalah check atau mengevaluasi hasil eksekusi rencana tersebut untuk melihat efektivitas dari rencana yang sudah dilakukan dan juga kesalahan yang mungkin terjadi baik disengaja maupun tidak disengaja dalam pelaksanaan program penghematan tersebut. Langkah selanjutnya adalah act atau memperbaiki program berdasarkan hasil evaluasi dari langkah check. Siklus berulang dan secara sistematis terus

mengalami perbaikan dan peningkatan sistem dengan memperbarui target energi.



Gambar 2. 2 Proses perencanaan energi

Sumber: [5]

2.1.3 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sangat diperlukan dalam perhitungan untuk mengetahui tingkat efisiensi energi suatu gedung. Untuk mengetahui tingkat efisiensi energi dapat dilakukan dengan membandingkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dengan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang telah ditetapkan di Indonesia [6].

IKE dapat dituliskan dalam persamaan:

$$IKE \left(\frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas Ruang (m}^2\text{)}} \quad (2. 1)$$

Dengan keterangan:

Total konsumsi energi dari ruang yang dikondisikan (kWh)

Luas ruangan yang dikondisikan (m²)

Tabel 2. 1. Standar IKE Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia

Kreteria	Ruang ber-AC (kWh/M ² //bln)	Ruang tanpa AC (kWh/M ² //bln)
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	0,84 –1,67
Efisien	7,92 – 12,08	1,67 –2,5
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	-
Agak Boros	14,58 – 19,17	-
Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
Sangat Boros	23,75 – 37,5	3,34 – 4,17

Sumber: [7]

Dengan menghitung nilai IKE suatu ruangan, dapat diketahui performa energi dari ruangan tersebut yang dikelompokkan sesuai kriteria yang tertera.

2.1.4 Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan[8]. Merupakan nilai perpindahan termal dari lingkungan ke dalam bangunan melalui selubung bangunan. Berikut adalah rumus *OTTV* [9]:

$$OTTV \text{ total} = \frac{(A_1 \cdot OTTV_1 + A_2 \cdot OTTV_2 + \dots + A_i \cdot OTTV_i)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_i)} \quad (2. 2)$$

Dengan keterangan:

OTTV = nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m^2).

a = absorptansi radiasi matahari.

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya ($\text{Watt/m}^2 \cdot \text{K}$).

WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

TD_{Ek} = beda temperatur ekuivalen (K).

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF = faktor radiasi matahari (W/m^2).

U_f = transmitansi termal fenestrasi ($W/m^2.K$).

OT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5K).

A_o , = luas dinding pada bagian dinding luar i (m^2). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV$, = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i

1) Window to Wall Ratio (WWR)

WWR adalah perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu [9].

Berikut adalah rumus penghitungan *WWR*:

$$WWR = \frac{\text{Luas Jendela}}{\text{Luas dinding keseluruhan}} \quad (2.3)$$

2) Absorbtansi Matahari

Absorbtansi matahari adalah nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut [9].

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

3) Beda Temperatur Ekuivalen

Beda temperatur ekuivalen adalah beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya [9].

4) Faktor Radiasi Matahari (*Solar Factor = SF*)

Faktor radiasi matahari adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan [9].

5) Koefisien Peneduh (*Shading Coefficient = SC*)

Koefisien peneduh adalah angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama [9].

$$SC = SC_k \cdot SC_{ef} \quad (2.4)$$

Dengan keterangan:

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi.

SC_k = koefisien peneduh kaca.

SC_{Ef} = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

6) Fenestrasi

Fenestrasi adalah bukaan pada selubung bangunan. Fenestrasi dapat berlaku sebagai hubungan fisik dan/atau visual ke bagian luar gedung, serta menjadi jalan masuk radiasi matahari [9].

7) Transmittansi Termal

Koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya [9].

$$U = \frac{1}{R_{total}} \quad (2.5)$$

Dengan:

U = Transmittansi termal ($W/m^2 \cdot K$)

R_{total} = resistansi termal total ($m^2 \cdot K/W$)

8) Selubung bangunan (fasad)

Selubung bangunan adalah elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus

cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut [9].

2.1.5 Roof Thermal Transfer Value (RTTV)

Roof Thermal Transfer Value (RTTV) adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk penutup atap yang dilengkapi dengan skylight. Berikut adalah rumus *RTTV* [9]:

$$RTTV = \frac{\alpha(Ar.Ur.Tdeq) + (As.Us.\Delta T) + (As.SC.SF)}{Ao} \quad (2.6)$$

Dengan keterangan:

RTTV = nilai perpindahan termal atap yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m^2)

α = absorbtansi radisi matahari

A_r = luas atap yang tidak tembus cahaya (m^2)

U_r = transmitansi termal atap tak tembus cahaya ($W/m^2 \cdot K$)

T_{deq} = beda temperatur ekuivalen (K)

A_s = luas *skylight* (m^2)

U_s = transmitansi termal fenestrasi ($W/m^2 \cdot K$)

ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

SF = faktor radiasi matahari

A_o = luas total atap (m^2)

2.1.6 Tingkat Pencahayaan

Tingkat pencahayaan adalah jumlah fluks cahaya atau lumen yang jatuh pada area tertentu per satuan luas area [10].

1) Pencahayaan alami

Pencahayaan alami merupakan cahaya yang bersumber dari matahari [11].

2) Pengukuran pencahayaan umum

Pengukuran pencahayaan umum merupakan pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui intensitas pencahayaan secara umum di lingkungan kerja di mana aktivitas yang dilakukan membutuhkan pencahayaan yang sama [10].

Tabel 4. 1 Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
Perkantoran :			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
Lembaga Pendidikan :			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
Hotel dan Restoran			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
Rumah Sakit/Balai pengobatan			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	

Sumber: [12]

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

2.1.7 Analisis Ekonomi Energi

1) *Simple Payback Period (SPP)*

Simple payback Period (periode pengembalian modal) digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi yang telah dilakukan untuk mengganti sistem yang telah ada dengan sistem baru yang lebih hemat energi [13].

Simple payback Period dapat dihitung dengan persamaan [13]:

$$SPP = \frac{\text{Investasi}}{\text{Savings}} \quad (2.7)$$

Dimana:

SPP = *simple payback period* (bulan)

Investasi = dana yang dikeluarkan untuk pengadaan barang/ jasa dalam rangka konservasi energi (Rupiah)

Savings = dana yang dihemat dari pemberlakuan konservasi energi per bulan (rupiah/bulan)

2) *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value (NPV), adalah selisih antara *benefit* (penerimaan) dengan *cost* (pengeluaran) yang telah perkiraan manfaat/*benefit* dari proyek yang direncanakan[14].

3) Internal Rate of Return (*IRR*)

Internal rate of return (*IRR*) adalah tingkat *discount rate* yang menyamakan PV of *cashflow* dengan PV of *investment*[14].

Dalam Tugas Akhir ini, metode yang dipakai dalam analisis ekonomi energi adalah metode SPP dikarenakan SPP lebih mudah dipahami dan dijadikan patokan dalam penghitungan penghematan.

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

2.2 *State of the Art*

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang audit energi, konservasi energi dan penelitian soal isu-isu energi lainnya.

Dalam penelitian yang mengaudit dan merancang Implementasi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya Malang [6] menunjukkan analisis audit Energi secara berkala dibutuhkan untuk perbaikan kinerja energi yang ada di universitas Brawijaya Malang. Beberapa temuan yang hasil audit seperti masih banyak fungsi ruangan Laboratorium yang masuk kategori Sangat tidak efisien menjadi prioritas dalam perbaikan secara bertahap dan continue. Selain itu konsumsi signifikan pada AC, Penerangan Komputer, printer, dll juga menjadi acuan dalam penghematan energi. Rancangan Manajemen energi yang berbasis ISO 50001 mengacu pada UU No 14 tahun 2012 dilakukan dengan cara membuat kebijakan, perencanaan manajemen energi, prinsip penghematan energi, pelaksanaan rencana energi, mengevaluasi manajemen energi dengan acuan

Penelitian dengan topik analisis konsumsi energi dan program konservasi energi dengan studi kasus pada gedung perkantoran dan kompleks perumahan IT [2] menunjukkan Beberapa Program Hemat Energi (PHE) telah dilaksanakan mulai tahun 2010 hingga 2017 di area Gedung Perkantoran dan Kompleks Perumahan TI. Diantaranya peningkatan kesadaran mengenai pentingnya melakukan penghematan penggunaan listrik kepada seluruh karyawan TI, otomatisasi OFF untuk AC central mulai pukul 21.00 hingga 06.00, menonaktifkan AC pada saat akhir minggu atau

libur, melengkapi dengan sakelar manual dengan timer untuk 2 jam ke depan (yang berfungsi untuk menghidupkan kembali AC secara manual jika karyawan akan bekerja lembur pada hari libur), mengganti lampu lama (*screw bulb*) yang rusak/putus dengan lampu yang hemat energi, memasang timer otomatis untuk lampu luar, memasang duplex *printing system* sebagai bawaan pada semua mesin fotokopi dan printer, memeriksa ulang penutup pintu secara otomatis dan memperbaiki celah/renggang antar pintu di masing-masing gedung perkantoran, dan memasang 100 unit pemanas air dari tenaga surya (*solar water heater*) di kompleks perumahan TI; Setelah dilakukan PHE tersebut maka dapat terlihat hasil perhitungan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) pada 2017 adalah 167,90 kWh/m²/tahun atau 13,80 kWh/m²/bulan, termasuk dalam kategori cukup efisien, dan sudah dibawah dari standar IKE untuk gedung perkantoran (240 kWh/m² per tahun). Sedangkan Selain untuk pemakaian listrik secara keseluruhan dari tahun 2007 – 2017, sudah menunjukkan adanya penurunan pemakaian listrik yang signifikan, yaitu sebesar 12%, dimana rata-rata pemakaian listrik mulai dari tahun 2010 - 2017 menjadi 1.216 MWh/bulan dibandingkan dengan rata-rata pemakaian listrik di tahun 2007 - 2009 sebesar 1.375 MWh/bulan, sebelum dilakukan program penghematan pemakaian listrik.

Pada penelitian studi manajemen energi di RSUD Kabupaten Klungkung [15] menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik di RSUD Kabupaten Klungkung dari

tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2015 Rumah Sakit membayar listrik PLN sebesar Rp. 640.538.400, kemudian pada tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 48 % menjadi Rp1.252,188.750 dan terakhir pada tahun 2017 mengalami peningkatan sebesar 13,34 % menjadi Rp. 1.444.952.753. Dari hasil pengukuran intensitas cahaya yang dilakukan maka didapatkan hasil sebanyak 55,5 % memenuhi standar Permenkes dan sisanya belum memenuhi standar. Dari hasil pengukuran suhu yang dilakukan maka didapatkan hasil sebanyak 68,75 % memenuhi standar Permenkes dan sisanya belum memenuhi standar. Dengan didapatkan nya Intensitas Konsumsi Energi sebesar 145,69 kW/m²/tahun, menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasan di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional maka penggunaan energi di RSUD kabupaten Klungkung tergolong Agak Boros. Untuk menurunkan Intensitas Konsumsi Energi di RSUD Kabupaten Klungkung diusulkan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

Dalam sistem pengondisian udara, setiap usulan kebutuhan AC dari suatu unit/ruangan harus diikuti oleh kajian tentang kondisi bangunan.

- 1) Pemasangan timer untuk lampu-lampu di koridor.
- 2) Menyeragamkan jenis lampu, mengganti *ballast konvensional* dengan *ballast elektronik*.
- 3) Aplikasi *software* peralatan terintegrasi.

- 4) Jumlah peralatan kesehatan yang sangat banyak dan bervariasi memerlukan suatu sistem yang dapat memantau kondisi dan beban peralatan tersebut.
- 5) Kebijakan Pengadaan/pemilihan barang yang hemat energi.
- 6) Penyegaran dan pelatihan berkelanjutan.

Pada penelitian [16] tentang analisis konsumsi energi dan peluang penghematan dari bangunan institusi di Malaysia menunjukkan bahwa:

- 1) Konsumsi energi bulanan mulai dari 160 MWh hingga 250 MWh dan tagihan listrik rata-rata mulai dari RM 80 ribu hingga RM 120 k.
- 2) Konsumsi energi AC sekitar 34%, berikut dengan menyalakan 18%, PC / laptop 10% dan mengangkat 7% dari total konsumsi energi gedung R&D.
- 3) Konsumsi energi tertinggi di setiap lantai di R&D bangunan ini terutama disebabkan oleh AC dan konsumsi pencahayaan.
- 4) Sebanyak 7593 lampu dipasang di gedung dengan pengenal dari 10 W, 18 W, 28 W dan 36 W. Penggantian ke LED jenis cahaya dianalisis dalam tiga tahap berbeda yang ditandai sebagai Level A, Level A + B dan Level A + B + C. Dengan lumens yang sama, setiap tahap membutuhkan investasi RM27.058, RM41.321 dan RM54.177 masing-masing.

- 5) Penghematan energi tahunan didasarkan pada tiga tahap berbeda perkuatan lampu adalah 72.750 kWh, 110.381 kWh dan 144.386 kWh masing-masing di mana tabungan tagihan tahunan sekitar RM26.554, RM40.289, dan RM52.701 pada 9 waktu operasional gedung setiap hari.
- 6) Penghematan energi tahunan adalah 96.999 kWh, 147.174 kWh dan 192.514 kWh dimana penghematan tagihan tahunan sekitar RM35.404, RM53.718 dan RM70.267 saat operasi harian waktu masing-masing mencapai hingga 12 jam.
- 7) PBP hampir 1 tahun berdasarkan 9 jam operasi per hari dan 22 hari sebulan. Jika waktu operasi harian adalah 12 jam dan total 22 hari sebulan, PBP kurang dari 1 tahun. Semakin lama waktu operasional mengurangi PBP untuk penggantian dari lampu yang ada ke lampu LED.
- 8) Padahal BEI lebih rendah dari persyaratan standar Dari gedung hemat energi yang dinyatakan dalam MS 1525, disimpulkan bahwa indeks ini dicapai karena beberapa tidak digunakan area lantai. Selama proses audit energi, ditemukan bahwa beberapa lantai kosong dan tidak terisi penuh. Gedung R&D masih memiliki beberapa inisiatif ECO yang bisa meningkatkan kinerja bangunan secara keseluruhan yang akan bermanfaat baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang.

Tambahan, BEI yang lebih rendah juga merupakan ukuran langsung dari yang lebih rendah konsumsi energi sebagai gedung R&D tersedia dengan beberapa kapasitas yang diperoleh dari penyediaan PV surya.

- 9) Perlu diseminasi pengetahuan tentang manfaatnya dari praktik audit energi dan penggantian yang tidak efisien sistem pencahayaan hingga berbasis LED untuk gedung itu tim manajemen. Pemerintah perlu keluar dengan berbagai inisiatif untuk menetapkan kebijakan dalam mendorong pemilik gedung yang ada untuk menjaga tingkat efisiensi energi melalui pekerjaan perbaikan.

Dalam penelitian “Prosedur baru dalam audit energi dan analisis biaya untuk transformasi sekolah menjadi gedung hampir *zero-energy* [17] menunjukkan kelayakan transformasi sekolah di gedung hampir nol energi, melalui adopsi sistem teknologi canggih yang memanfaatkan sumber energi terbarukan, seperti pompa panas atau biomassa generator. Penting juga untuk melakukan analisis keuangan, untuk memilih di antara energi yang tersedia langkah-langkah, yang memastikan waktu pengembalian modal yang dapat diterima. Di antara kasus yang dianalisis, penerapan pompa panas terkait dengan panel PV, ventilasi mekanis dengan pemulihan panas dan sistem pencahayaan efisiensi tinggi, dapat memenuhi kebutuhan energi menurut undang - undang dan kelayakan ekonomi. Jika ada pemanasan distrik jaringan, solusi ini adalah alternatif yang mungkin untuk pompa

panas. Adopsi generator panas biomassa adalah valid solusi dalam hal efisiensi energi, tetapi biayanya masih terlalu tinggi. Solusi yang mungkin untuk tantangan biaya tinggi untuk renovasi gedung menuju nZEBs, terutama untuk bangunan umum, dilaporkan dalam rencana aksi nasional untuk nZEBs: dana struktural akan disediakan selama periode 2014-2020 untuk langkah-langkah yang akan meningkatkan efisiensi energi dan yang akan mengurangi konsumsi di gedung dan fasilitas umum atau penggunaan umum. Secara khusus, untuk meningkatkan insiden nZEB, bangunan atau kumpulan bangunan milik pemerintah pusat dan ditempati olehnya akan diidentifikasi melalui energi audit, mengutamakan pemugaran bangunan dengan kinerja energi terendah, jika dilakukan renovasi efisien dalam hal biaya dan layak secara teknis. Untuk tujuan ini, metodologi yang disajikan dapat menjadi instrumen valid dan mudah ditiru dalam skala besar.

Penelitian audit energi dan analisis peralatan listrik di gedung pelayanan Unila [18] meneliti Gedung Perpustakaan, Gedung Serba Guna (GSG), dan Gedung A Fakultas Pertanian. Kegiatan yang dilakukan meliputi Audit Energi Awal dan Audit Energi Rinci yaitu menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan mencari peluang penghematan energi di gedung-gedung tersebut yang jalur listriknya mengikuti Gardu K 0177. Dari hasil penelitian, didapatkan IKE pada gedung-gedung tersebut. Gedung Perpustakaan nilai IKE nya 34,31 kWh/m²/tahun. Pada GSG IKE 26,89 kWh/m²/tahun. Dan pada Gedung A Fakultas Pertanian IKE

77,74 kWh/m²/tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan energi listrik pada setiap gedung sudah sangat efisien karena standard IKE pada gedung perkantoran adalah 240 kWh/m²/tahun. Penelitian ini berkesimpulan bahwa:

1. Pada penelitian awal, keadaan saat ini (eksisting) nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) pada setiap gedung berbeda-beda. Pada Gedung Perpustakaan IKE nya adalah 34,31 kWh/m²/tahun. Pada GSG adalah 26,89 kWh/m²/tahun. Pada Gedung A Fakultas Pertanian adalah 77,74 kWh/m²/tahun.
2. Setelah melalui fase analisa Peluang Hemat Energi, disimpulkan bahwa alat-alat yang dapat diganti agar menghasilkan penghematan hemat energi adalah sistem penerangan (lampu) dan sistem pendingin ruangan (AC).
3. Pada hasil perhitungan, IKE yang didapat belum melebihi dari standard IKE untuk gedung ber AC. Standar IKE untuk gedung perkantoran yaitu 145 kWh/m²/tahun. Jadi penggunaan peralatan listriknya masih bisa di tingkatkan lagi atau lebih dimaksimalkan.
4. Dari hasil penelitian, pada ruangan yang menggunakan cahaya matahari kualitas cahaya yang ditunjukkan oleh lux meter jauh lebih baik daripada cahaya buatan.

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Lengkapi kelengkapan data gedung seperti denah gedung, denah instalasi listrik gedung, 1 line diagram dan daftar alat-alat listrik yang dipakai pada setiap ruangan.
2. Apabila sedang tidak ada di ruangan harap matikan semua peralatan yang menggunakan listrik, agar tidak terjadi pemborosan energi.
3. Matikan lampu pada saat siang hari dan perbanyak menggunakan sinar matahari karena kualitas cahaya matahari lebih baik daripada cahaya buatan.
4. Pemasangan AC harus sesuai pada tempat kerja, perhatikan penempatan dan luas ruangan kerja. Karena apabila tidak sesuai yang akan terjadi adalah AC sudah bekerja maksimal tetapi kenyamanan tidak tercipta.
5. Perhatikan spesifikasi alat pada saat pembelian alat listrik baru.

Penelitian dengan topik analisis pengaruh pengaturan suhu AC terhadap konsumsi energi listrik pada AC kapasitas 5 PK tipe PSF 5001 [19] menunjukkan bahwa kenaikan konsumsi energi listrik AC di dasari dari lama waktu kompresor berkerja untuk mendinginkan ruangan sesuai temperatur yang kita atur dan saat kompresor berhenti berkerja setelah AC berhasil mendinginkan ruangan sesuai dengan temperatur yang kita atur pada AC. AC akan lebih boros jika suhu tidak bisa tercapai sesuai dengan yang kita atur, hal ini terjadi pada pengaturan suhu 18°C dan 19°C.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Konsumsi energi listrik berbanding terbalik yaitu ketika suhu rendah konsumsi energi listrik besar dan ketika suhu tinggi konsumsi energi listrik rendah.
2. Kompresor bekerja ketika suhu ruangan belum tercapai sesuai dengan yang kita atur pada AC dan berhenti ketika suhu ruangan sudah tercapai sesuai dengan yang kita inginkan.
3. Perubahan konsumsi energi listrik dalam satu jam di dasari dari lama waktu kompresor berkerja untuk mendinginkan ruangan sesuai temperatur yang kita atur dan saat kompresor berhenti berkerja setelah AC berhasil mendinginkan ruangan sesuai dengan temperatur yang kita atur pada AC.
4. Pada pengaturan suhu 18°C dalam satu jam AC tidak dapat mendinginkan ruangan sampai suhu tersebut, sehingga kompresor harus bekerja terus tanpa berhenti selama satu jam dan menyerap energi listrik terus menerus sehingga terjadi pemborosan.
5. Konsumsi energi listrik terendah terjadi pada suhu 26°C yaitu 1.02 KWh dan tertinggi terjadi pada suhu 18°C yaitu 4.07 kWh.

Saran yang diberikan penulis adalah sebagai berikut,

1. Pemilihan kapasitas AC sangat diperlukan sebelum kita menempatkan AC dalam sebuah ruangan.
2. Pengaturan suhu AC disesuaikan dengan kebutuhan.

3. Jangan atur suhu AC pada suhu 18°C karena AC tidak mampu mendinginkan ruangan sampai suhu tersebut.

Audit energi listrik di SMK Negeri 2 Pontianak [7] menunjukkan bahwa kondisi eksisting Gedung praktik SMK Negeri 2 Pontianak meliputi penerangan, air conditioner dan peralatan serta fasilitas penunjang lain yang ada pada gedung praktik SMK Negeri 2 Pontianak, luas gedung keseluruhan sebesar 3049 m² dengan jumlah siswa 758 siswa dengan jam kegiatan yaitu;

07.00 - 15.00 dengan daya listrik terpasang 82,5 kVA. Intensitas Konsumsi Energi Listrik (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Dalam perhitungan IKE tersebut, mempergunakan data luas kotor masing-masing gedung praktik yang ada dilingkungan SMK Negeri 2 Pontianak pembagi pemakaian energi listrik selama sebulan untuk tiap gedung praktik. Luas kotor bangunan gedung praktik untuk setiap jurusan berbeda dan konsumsi energi listrik untuk setiap gedung praktik juga berbeda. Merujuk dari kriteria nilai standar IKE Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tersebut, Gedung Studio SMK TV dan gedung Broadcasting termasuk katagori efisien (7,92– 12,08) kWh/m²/bulan dalam pemakaian energinya.

Untuk gedung praktik teknik elektronika termasuk kategori sangat efisien (4,17 – 7,92) bahkan nilai IKE untuk gedung elektronika hanya 1,54 kWh/m²/bln. Sedangkan untuk gedung praktik teknik otomotif dan teknik listrik termasuk

katagori sangat boros (3,34 – 4,17), untuk nilai IKE gedung praktik otomotif yaitu 3,996 kWh/m²/bln sedangkan gedung praktik teknik listrik yaitu 3,702 kWh/m²/bln. Peluang penghematan energi untuk gedung praktik teknik otomotif dan teknik listrik yang penggunaan energi listriknya termasuk katagori sangat boros, diupayakan untuk menjadi efisien upaya yang dilakukan untuk menjadikan gedung praktik di SMK Negeri 2 Pontianak menjadi efisien dalam penggunaan energi listrik dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pada gedung praktik teknik otomotif dengan mengganti lampu mercuri dan TL dengan lampu CFL dan pengaturan waktu penggunaan pemakaian alat praktik
2. Pada gedung praktik teknik listrik dengan mengatur waktu pemakaian alat praktik dan mengganti lampu TL dengan CFL

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan audit energi awal, nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang terbesar adalah untuk konsumsi energi listrik pada gedung praktik teknik otomotif dan gedung praktik teknik listrik masih melebihi standar IKE Depatemen Pendidikan Nasional Indonesia yaitu sebesar 1,67 – 2,50 kWh/m²/bulan, sehingga perlu dilakukan audit energi rinci. Untuk gedung praktik teknik otomotif dan teknik listrik berdasarkan hasil audit energi awal, IKE energi listriknya adalah sebesar 4,00

kWh/m²/bulan untuk gedung praktik teknik otomotif, 3,70 kWh/m²/bulan untuk gedung praktik teknik listrik, 1,54 kWh/m²/bulan untuk gedung praktik teknik elektronika dan dari ketiga gedung praktik besar IKE energi listriknya yaitu 3,18 kWh/m²/bulan.

2. Berdasarkan hasil audit energi rinci, diperoleh harga IKE untuk energi listrik adalah sebesar 2,77 kWh/m²/bulan untuk gedung praktik teknik otomotif, 2,95 kWh/m²/bulan untuk gedung praktik teknik listrik dan IKE keseluruhan untuk tiga gedung praktik SMK Negeri 2 Pontianak sebesar 2,46 kWh/m²/bulan ini termasuk katagori efisien
3. Rekomendasi untuk PHE ini adalah dengan melakukan penggantian lampu yang ada secara bertahap ke lampu CFL atau LED dengan mengatur penggunaan peralatan tidak dinyalakan secara serentak. Penghematan yang diperoleh dalam setahun jika Peluang Hemat Energi (PHE) yang direkomendasikan, diimplementasikan yaitu sebesar 1.912,03 kWh/bulan. Besarnya IKE listrik hasil implementasi pada audit rinci per satuan luas yang dikondisikan (*net area*) adalah 2,46 kWh/m²/bulan.

Penelitian tentang analisis audit energi untuk mencapai efisiensi energi di gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten [20] menganalisis hasil penghitungan IKE pada gedung AB, Kabupaten Tangerang adalah 48,33 kWh/m²/tahun, termasuk

dalam kategori sangat efisien. Gedung ini termasuk dalam kategori sangat efisien karena sebagian besar ruang menggunakan ventilasi alami, banyak AC yang tidak bekerja karena rusak, banyak ruang yang kapasitas AC nya terlalu kecil, dan intensitas pencahayaan (Lux) kurang terang (di bawah standar SNI). Kondisi lampu penerangan rata-rata di bawah standar SNI pencahayaan buatan dan kondisi ini akan mempengaruhi kenyamanan kerja karyawan. Intensitas pencahayaan rata-rata ruang di bawah 210 lux. Kondisi AC secara umum di bawah kinerjanya yang berpotensi pemborosan energi listrik, dan nilai RH antara 48,1% - 78,8% (di bawah standar SNI). Usia AC sudah tidak efisien karena sudah melebihi batas usia ekonomis maupun teknis (>10 tahun), dengan suhu ruang kerja rata-rata diatas 26°C. Kondisi ini diduga akan mempengaruhi kenyamanan kerja dan kinerja karyawan.

Dalam penelitian Audit Energi Pemakaian AC Di Gedung Dinas Pekerjaan Umum Kab. Ketapang Propinsi Kalimantan Barat [21] menunjukkan bahwa setelah dilakukan Audit Energi Rinci maka nilai IKE per tahunnya untuk gedung kantor ini turun menjadi 156,83 kWh/m²/tahun dan kategorinya *peringkat efisien*. Rekomendasi yang dihasilkan untuk penghematan energi adalah sebagai berikut:

- 1) Kriteria Program Penghematan Energi Tanpa Biaya
 - a) Peningkatan Awareness atau kesadaran dari pegawai di Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kab. Ketapang Prop. Kalimantan Barat terhadap penghematan energi.

- b) Menyiapkan checklist untuk pengecekan berkala dalam upaya pengawasan penghematan penggunaan energi dalam penggunaan AC. Adapun kegiatan yang dilakukan adalah
- 2) Kriteria Program Penghematan Energi Dengan Biaya Rendah
 - a) Melakukan perawatan AC secara berkala
 - b) Memasang termometer untuk mengetahui temperatur ruangan
 - c) Sosialisasi internal dan pengingat tentang penghematan energi

Penelitian tentang audit energi di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro [22] menunjukkan konsumsi energi dalam sebulan sebesar 4.592 kWh dan jumlah nilai IKE sebesar 1,57 kWh/m²/bulan, penghematan total daya lampu dalam sebulan 949,96 kWh/bulan dan penghematan total daya AC bila menggunakan *refrigerant musicool MC-22* 8.455,04 kWh/bulan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- 1) Perhitungan IKE di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro didapatkan nilai dari pengukuran IKE PQA sebesar 1,57 kWh/m²/bulan, hasil dari pengukuran IKE rekening listrik bulan September 1,58 kWh/m²/bulan, dan hasil dari pengukuran IKE di hari libur sebesar 0,78 kWh/m²/bulan. Nilai ini sangat efisien didalam Kriteria IKE Bangunan Gedung Ber-AC.

2) Hasil Karakteristik Jaringan Kelistrikan Gedung Teknik Kimia

Universitas Diponegoro

a) Nilai Fluktuasi Tegangan

Fluktuasi tegangan : 220,9 Volt – 229,7 Volt

Rata-rata : R 225,0 Volt, S 227,8 Volt, T 226,2 Volt

b) Nilai Frekuensi

Fluktuasi Frekuensi : 49.86 Hz - 50.19 Hz

Rata-rata : 50.02 Hz.

c) Nilai Arus Listrik

R 49.24 Ampere, S 32.14 Ampere, T 39.70 Ampere, N 23.33

Ampere

d) Nilai *power factor*

Fluktuasi *power factor* : 0,637 – 0,983

Rata-rata : R 0,963, S 0,851, T 0,894

e) Nilai THD

Fluktuasi THD : 0,5000 – 1,300 %

Rata – rata : fasa R 1,047 %, fasa S 0,8285 %, fasa T 0,8312%

Berdasarkan nilai hasil Karakteristik Jaringan Kelistrikan di Gedung Teknik

Kimia Universitas Diponegoro masih dalam kondisi layak.

3) Penghematan lampu di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro

dalam sebulan adalah 949,96 kWh/perbulan (Rp 1.055.728,54) dan

biaya investasi yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 27.135.000.

Payback periode penggantian lampu eksisting dengan lampu Led adalah 2,1 Tahun dari pemasangan lampu Led sebagai pengganti lampu eksisting.

- 4) Daya AC keseluruhan di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro adalah 60,05 kWatt, penghematan menggunakan *refrigerant musicool MC-22* sebesar 8.455,04 kWh/perbulan (Rp 9.396.424,15). Biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp 20.790.000. *Payback periode* menggunakan *refrigerant musicool MC-22* adalah 2,2 bulan sejak pemasangan.

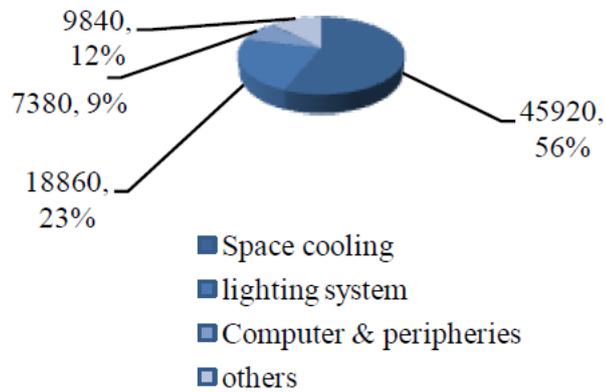
Adapun saran yang diajukan dari penelitian ini adalah:

1. Diperlukan manajemen energi di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro, agar audit energi di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro dapat berkelanjutan dan berkesinambungan.
2. Audit energi di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro dapat dilanjutkan atau dikembangkan lagi. Penulis pada kesempatan ini hanya menitik beratkan audit energi pada sektor pencahayaan, IKE dan pendinginan. Kegiatan audit energi dapat dilanjutkan atau dikembangkan lagi pada seluruh sektor yang ada di Gedung Teknik Kimia Universitas Diponegoro seperti:
 - a) Kerapian instalasi

- b) Standarisasi kabel instalasi
- c) Konsumsi energi pemakaian seluruh perangkat elektronik
- d) Konsumsi energi alat-alat Lab.
- e) Efisiensi pemakaian Genset

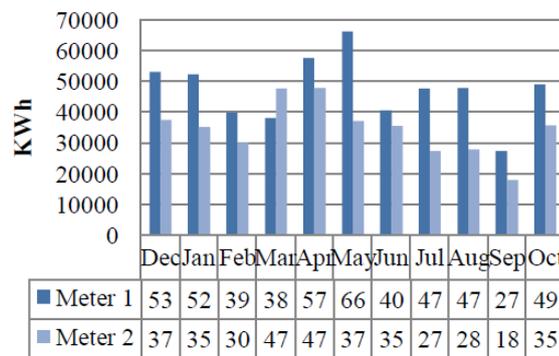
Pada studi kasus penelitian audit energi elektrik pada institusi pendidikan di Kumasi *Polytechnic* [23], kesimpulan yang didapat adalah waktunya telah tiba untuk lembaga pendidikan seperti Politeknik Kumasi untuk bertindak dengan mengambil peran kepemimpinan di mempromosikan efisiensi energi di lembaga dengan menempatkan penekanan yang lebih tinggi pada praktik konservatif, penghapusan tidak produktif dan boros tenaga. Energi yang signifikan tabungan dapat dicapai di lembaga melalui penggunaan energi listrik secara bijaksana. Penelitian tentang peralatan memiliki potensi untuk menghemat tidak hanya energi, tetapi juga, untuk memberikan manfaat ekonomi bersih dan untuk lembaga mengurangi limbah dalam sistem. Oleh karena itu, jika institusi dari grafik kuantifikasi oleh pengguna akhir, akan menerapkan langkah-langkah seperti yang diarahkan pada laporan ini akan menghemat 15,3% konsumsi lembaga untuk pendinginan dan 11,68% untuk penerangan dan set komputer setiap tahun. Gambar 2.3 adalah grafik pie konsumsi listrik [23]:

Electricity Consumption (Dec-Oct, 2015)

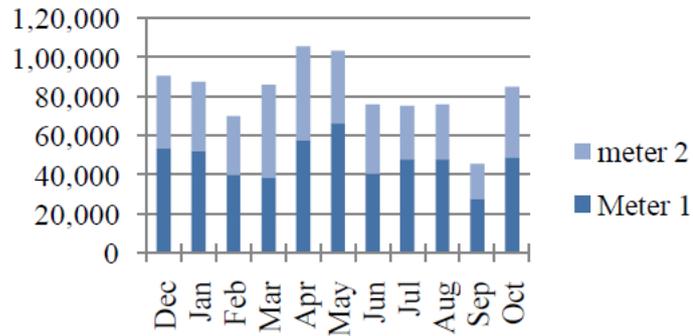


Gambar 2. 3. Profil Konsumsi Energi Bulanan Kumasi Polytechnic [23]

Gambar 2.4, 2.5 adalah grafik batang konsumsi listrik dari 2 joule meter.



Gambar 2. 4 Pemakaian energi dari 2 joule meter yang terpasang di Kumasi Polytechnic



Gambar 2. 5. Jumlah total energi terpakai oleh dua joule meter terpasang dari Desember hingga Oktober 2015 [23]

Tabel 2. 2. Pengukuran pada perangkat pencahayaan (5 Februari 2015) [23]

<i>Lighting type</i>	<i>No.</i>	<i>True power</i>	<i>Rated Power</i>
Existing 40 W T12 FTL with 15 W electromagnetic Ballast	1127	44 W	40 W
HPMV	102	253 W	250 W

Tabel 2. 3. Kalkulasi light power density pada area terpilih [23]

<i>Site Location</i>	<i>Office 1</i>	<i>Office 2</i>	<i>Walkway (10'+wide)</i>	<i>Lab</i>	<i>Hall</i>
ASHRAE Allowable LPD (W/SF)	0.15	1.00	0.20	1.25	0.20
Actual LPD	0.05	0.8	0.08	0.51	0.04
Actual LPD Reduction	66%	20%	60%	59%	82%
Required LPD Reduction	20%	20%	20%	20%	20%
Compliance	YES	YES	YES	YES	YES

Tabel 2. 4. Praktik efisiensi energi untuk sistem pencahayaan [23]

<i>Energy Efficient Practice</i>	<i>Investment Cost (GH¢)</i>	<i>Annual Energy Savings (kWh)/year</i>	<i>Annual Savings (GH¢)</i>	<i>Payback Period</i>
Removing 250 tubes	Nil	43800	29,490	Instant
Replacing electromagnetic ballast (15W) with electronic type(8W)	4,508	14397	9,693	< 1 year (170 Days)
Replacing electromagnetic ballast (15W) with electronic type(4W)	10,143	22624	15,233	< 1year (243 Days)
Replacing existing 40W T12 FTL with 36W T8 FTL	24,794	19622	13,211	< 2 years
Or	99176	34602	23,297	< 5 years
replacing by Light Emitting Diode				years
Replacing HPMV lamps by HPSV lamps	25500	33288	22,412	< 2 years

Tabel 2. 5. (a) Performa AC di lab. mesin (3-8 Sept. 2015), (b) informasi sistem

AC sentral [23]

(a)

<i>Time (Hour)</i>	10:00-11:10	11:40-12:30	12:50-13:10	13:40-14:30	15:30-16:50
<i>Energy Consumption (Wh)</i>	2532	1885	372	1900	1650

(b)

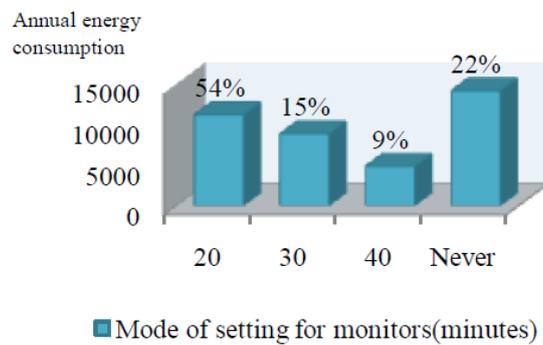
<i>Chiller Plant No.</i>	<i>Rated Power (kW)</i>	<i>Capacity (Tons)</i>	<i>Average Running hours/year</i>
2	202	300	450

Tabel 2. 6. Rekomendasi praktik efisiensi energi untuk AC [23]

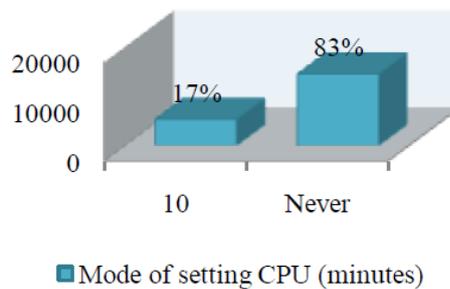
<i>Energy Efficient Practice</i>	<i>Investment Cost (GH¢)</i>	<i>Annual Energy Savings (kWh)/ year</i>	<i>Annual Savings (GH¢)</i>	<i>Payback Period</i>
Including AC saver switch in control circuit	9500	18000	12119	< 1 year (286 Days)
Maintenance of evaporator and condenser	26000	32540	21909	< 2 years
Replacing inefficient window AC with energy efficient split units	160000	96570	65020	< 3 years

Tabel 2. 7. Informasi performa set komputer [23]

<i>System</i>	<i>Mode of operation</i>	<i>Real average power (W)</i>
CRT	Off/standby	2.3
	Active	70
	Idle	25
	Sleep	20
LCD	Off/standby	0.8
	Active	25
	Idle	15
CPU	Active	50
	Idle	25



(a)



(b)

Gambar 2. 6. Konsumsi tahunan (a) monitor dan (b) CPU pada mode operatif [23]

Tabel 2. 8. Rekomendasi praktik efisiensi energi untuk set komputer [23]

<i>Energy Efficient Practice</i>	<i>Investment Cost (GH¢)</i>	<i>Annual Energy Savings (kWh)/ year</i>	<i>Annual Savings (GH¢)</i>	<i>Payback Period</i>
Turn off monitor after 10 minutes	Nil	10040	6760	Instant
Turn off CPU after 20 minutes	Nil	14500	9763	Instant
Replacing 212 CRT's with LCD's	67800	38400	25854	< 3 years

Penelitian audit dan konservasi energi pada rumah sakit angkatan laut dr. Ramelan Surabaya [24] menarik kesimpulan sebagai berikut:

- a) Prosentase penggunaan energi di RSAL dr. Ramelan Surabaya yaitu energi listrik 46,5 %, BBM 32,5 %, Air 12,95 % dan LPG 6,8 %.
- b) Pada audit energi awal diperoleh nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik rata-rata di RSAL dr. Ramelan Surabaya yaitu sebesar 9,44 kWh/m² per bulan sedangkan dari hasil audit energi rinci diperoleh nilai IKE listrik rata-rata sebesar 7,93 kWh/m² per bulan. Setelah dilakukan penghematan energi nilai IKE listrik rata rata RSAL dr. Ramelan Surabaya menjadi 7,7 kWh/m² per bulan.
- c) Penggunaan listrik untuk *Air Conditioning* hampir separuh dari total penggunaan listrik yaitu 56 % sedangkan untuk lampu sekitar 3 % sehingga pada ke-2 sistem tersebut dilakukan analisa peluang hemat

energi. Dari hasil analisa tersebut, diperoleh biaya penghematan dengan rekomendasi mengatur jam pemakaian lampu dan *Air Conditioning*, mengatur jumlah pemakaian *Air Conditioning*, serta perawatan sistem *Air Conditioning* secara berkala yaitu sebesar Rp 2.925.514, /bulan sedangkan biaya penghematan yang diperoleh dengan rekomendasi mengganti tipe AC dan lampu yaitu sebesar Rp 6.199.217,-/bulan serta biaya investasi yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp.157.114.600 dengan lamanya waktu pengembalian investasi yaitu 25,3 bulan atau 2,1 tahun.



2.3 Urgensi Tugas Akhir

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, masih belum adanya langkah yang dilakukan dalam rangka audit energi dalam sisi pendataan inventaris peralatan elektronik lengkap dengan spesifikasinya. Hal tersebut juga terlihat dari tidak adanya pengumpulan data konsumsi energi secara terinci dikarenakan tidak adanya sub-meter yang memberi data konsumsi di beberapa titik strategis seperti per gedung atau per lantai. Banyak perangkat listrik yang hampir mencapai batas umur operasionalnya yang berpotensi mempengaruhi performa alat tersebut dan tertinggal dari teknologi terkini yang lebih hemat. Dari hasil analisis data konsumsi energi sepanjang tahun 2019, pemakaian listriknya memiliki trend naik yang menunjukkan bahwa belum adanya langkah berarti dalam penghematan listrik sekolah. Hal ini dapat berimbas kepada kenaikan pemakaian listrik, kenaikan tagihan listrik, dan fasilitas pendidikan terkait berpotensi menjadi salah satu kontributor krisis energi di Indonesia. Atas kondisi ini, Tugas Akhir ini perlu dilakukan pada gedung sekolah ini agar pendataan konsumsi listrik dapat terkumpul dengan baik dan kemudian dianalisis untuk perancangan rekomendasi penghematan.