

Audit energi sistem tata cahaya dan tata udara lantai 2 & 3 pada bangunan gedung toko buku di Pekanbaru

Awaludin Martin¹, Dhiky Rahman Agusta², Nehemia Simangunsong³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Pekanbaru, Riau 28293

^{2,3}Prodi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Pekanbaru, Riau 28293

*Corresponding author: awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

Energy audit is a technique used to analyze the amount of energy consumption in buildings and identify ways or methods to save it. Based on the Minister of Human Resources Regulation No. 13 of 2012 stated rules regarding energy management and energy saving standards. Shopping buildings are one of the sectors that use electrical energy to operate. A bookstore in Pekanbaru which consists of three floors also uses electrical energy for lighting and air conditioning systems. The use of electricity for lighting and air conditioning for a month is 37985.5 kWh and then ECO is carried out so that the use of electrical energy can be reduced to 30,138 kWh in each month. The use of electrical energy can be expressed in Energy Consumption Intensity (IKE), before the ECO IKE was carried out for the 2nd and 3rd floors of the bookstore building in Pekanbaru was 28.59 and after energy saving opportunities, the Energy Consumption Index became 23.09.

Keywords: *audit, lighting, air conditioning, IKE, SNI, energy saving.*

Abstrak

Audit energi adalah teknik yang digunakan untuk menganalisa besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara atau metode untuk menghematnya. Berdasarkan Permen SDM No.13 Tahun 2012 dinyatakan aturan mengenai manajemen energi dan standar penghematan energi. Bangunan gedung pertokoan merupakan salah satu sektor yang menggunakan energi listrik dalam beroperasi. Sebuah toko buku di Pekanbaru yang terdiri dari tiga lantai juga menggunakan energi listrik untuk sistem tata cahaya dan juga tata udara. Penggunaan listrik untuk tata cahaya dan tata udara selama sebulan adalah 37985,5 kWh dan kemudian dilakukan *ECO* sehingga penggunaan energi listrik dapat dikurangi menjadi 30.138 kWh di tiap bulannya. Penggunaan energi listrik dapat dinyatakan dalam Intensitas Konsumsi Energi (IKE), sebelum dilakukan *ECO* IKE untuk lantai 2 dan 3 bangunan gedung toko buku di Pekanbaru adalah 28,59 dan setelah dilakukan peluang penghematan energi, Indeks Konsumsi Energi menjadi 23,09.

Kata kunci: *audit, tata cahaya, tata udara, IKE, SNI, penghematan energi.*

Pendahuluan

Energi adalah kebutuhan mendasar untuk mendorong hampir setiap aktivitas ekonomi dan sosial dalam masyarakat. Walaupun begitu, cadangan energi dunia semakin habis, permintaan akan energi meningkat dari waktu ke waktu. Konsumsi energi yang boros dan berlebihan, berdampak pada lingkungan, membuat

produk kurang kompetitif dan menyebabkan gejala sosial ekonomi jangka panjang [1]. Pemborosan energi juga dapat menimbulkan krisis energi. Krisis energi saat ini menjadi perbincangan hangat di berbagai media. Krisis energi listrik menjadi salah satu jenis krisis energi yang terjadi [2].

Menurut data Kementerian ESDM pada tahun 2017 adalah 1,02 MWh/kapital, selanjutnya pada tahun 2018 konsumsi

listrik per kapita di Indonesia naik hingga konsumsi listrik nasional mencapai 1.084 MWh/kapita, hingga 2020 konsumsi listrik nasional 1,09 MWh/kapita [3].

Dengan menggunakan sumber energi tidak terbarukan sebagai sumber energi utama dalam pembangkitan daya listrik, ditambah dengan tingginya penggunaan energi listrik di Indonesia, dapat menyebabkan persediaan cadangan energi tak terbarukan seperti minyak bumi dan batubara akan semakin menipis, disamping itu penggunaan sumber energi fosil seperti batubara akan menghasilkan polusi udara seperti NO_x , SO_2 , SO_3 , dan partikel radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan [4].

Salah satu metode agar mengurangi masalah yang terkait dengan energi adalah upaya manajemen energi atau pengelolaan energi. Berdasarkan laporan Departemen Energi Sumber Daya Mineral, diidentifikasi bahwa potensi melakukan konservasi energi dari segi semua sektor akan memiliki peluang penghematan yang sangat besar antara 10% sampai dengan 30% [3].

Gedung pertokoan atau disebut juga dengan ritel waralaba adalah salah satu sektor yang mengkonsumsi energi dalam kegiatan operasionalnya sangat besar sehingga diperlukan langkah audit energi dengan tujuan efisiensi energi pada gedung pertokoan tersebut. Audit energi adalah langkah evaluasi secara sistematis, terpadu dan terencana dalam penggunaan energi serta melakukan identifikasi peluang penghematan penggunaan energi dalam rangka konservasi energi [5].

Salah satu toko buku yang cukup ramai dikunjungi di Kota Pekanbaru. Toko buku ini menjadi penyedia berbagai keperluan pendidikan, serta kebutuhan kantor dan beberapa perlengkapan rumah tangga. Penggunaan energi di toko buku ini masih belum efisien. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengamatan di toko buku, pertokoan tersebut beroperasi 12 jam dengan menggunakan sistem cahaya dan tata udara. Secara fisik bangunan gedung

Toko buku terdiri dari tiga lantai dan satu lantai *basement* untuk area operasional. Gedung Toko buku Pekanbaru menghadap kearah barat. Dalam gedung pertokoan, terdapat ruangan yang menggunakan energi listrik seperti, ruangan *display*, teras luar dan dalam, lorong dan toilet.

Oleh karena itu diperlukan langkah-langkah dalam penghematan energi dengan cara melakukan evaluasi penggunaan energi. Dengan tahapan observasi, identifikasi penggunaan energi, melakukan analisis penggunaan energi hingga menghasilkan opsi penghematan energi yang sesuai dengan kriteria standar. Dengan penerapan manajemen energi, akan mengurangi penggunaan energi dari bangunan toko buku, maka biaya pembayaran listrik akan berkurang dan berdampak pada biaya operasional toko buku ini yang turut berkurang juga, selain itu juga dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan melalui pembuangan emisi CO_2 .

Tinjauan Pustaka

A. Bangunan gedung

Bangunan gedung adalah bagian dari sarana infrastruktur yang berfungsi sebagai tempat melakukan aktivitas bagi manusia. Bangunan gedung adalah salah satu hasil rekayasa yang harus diperhatikan dalam segi estetika, struktural, fungsional, serta fungsi ekonomisnya. Berdasarkan jumlah lantai pada bangunan, bangunan gedung dibagi menjadi dua, yaitu bangunan tidak bertingkat (*single story*) dan bangunan bertingkat (banyak lantai/*multy story*) [5].

Menurut UU RI No.28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung [6], bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya maupun kegiatan khusus. Fungsi bangunan gedung adalah ketetapan pemenuhan persyaratan teknis bangunan gedung yang ditinjau dari

segi lingkungan dan tata bangunan, maupun kendala bangunan gedung. Hal ini dijelaskan di dalam PP Nomor 36 Tahun 2005. Mengenai fungsi bangunan gedung sebagaimana yang dimaksud juga terkandung didalam peraturan pemerintah tersebut adalah fungsi hunian, fungsi keagamaan, fungsi sosial dan budaya serta fungsi khusus [7,8].

B. Pertokoan

Pada abad ke-16, pertokoan mulai muncul berupa *mall* terbuka yang terletak di daerah Eropa. Pertokoan ini memakai deretan pepohonan yang ditanam di sepanjang pertokoan. Hal ini dilakukan agar para pengunjung dapat bernaung. Deretan pepohonan yang ditanam di sepanjang pertokoan dengan bentuk terbuka yang hanya menggunakan penutup yang transparan (tembus cahaya) yang juga berfungsi untuk tingkap cahaya (*sky light*).

Dengan konsep pertokoan yang dapat diterapkan, maka pengunjung akan merasakan nyaman pada saat belanja. Pertokoan adalah salah satu pusat perbelanjaan yang secara arsitektur berupa bangunan tertutup dengan suhu yang diatur dan mempunyai jalur untuk berjalan-jalan secara teratur [9].

C. Manajemen Energi

Manajemen energi adalah kegiatan yang menggunakan prinsip-prinsip manajemen pada suatu perusahaan yang terorganisir. kegiatan ini bertujuan untuk melakukan konservasi energi, sehingga biaya energi sebagai salah satu komponen biaya produksi atau operasi dapat ditekan serendah-rendahnya [10].

Konservasi energi sendiri memiliki makna, yaitu suatu usaha untuk tetap menggunakan energi secara rasional namun tetap mempertahankan terpenuhinya syarat-syarat kelola pada perusahaan dan produktifitasnya. Penggunaan energi secara rasional diantaranya adalah penghematan dan efisiensi energi. Jadi harus dibedakan antara penghematan energi dengan konservasi energi [11].

Penghematan energi bisa saja dilakukan dengan hanya mengurangi penggunaan energinya tapi kenyamanan dan produktitas menjadi turun. Sementara konservasi energi adalah penerapan kaidah-kaidah dalam pengelolaan energi tidak hanya mengurangi pemakaian energinya tapi juga menerapkan pola operasi yang efisien, pemasangan alat tambahan yang meningkatkan performa sistem sehingga pemakaian energinya lebih rendah tapi tidak mengurangi kenyamanan dan produktifitas.

Jadi pada intinya konservasi energi merupakan panduan bagaimana menghemat energi dengan benar dan berisi metode-metode dan alat alat yang bisa dipakai untuk penghematan energi tanpa mengurangi produktifitas dan kenyamanan. Sementara efisiensi energi artinya perbandingan antara penggunaan energi dengan hasil produksinya. Yang dimaksud produksinya bisa kenyamanan, gerak dan lain-lain [11].

Jadi efisiensi energi yang tinggi berarti pemakaian energinya rendah tapi produksi tinggi. Dengan demikian konsep konservasi energi lebih luas dibandingkan dengan efisiensi energi. Manajemen energi secara umum dapat didefinisikan sebagai manajemen yang berdampak langsung pada organisasi, teknik dan aksi yang ekonomis dalam rangka meminimalisasi konsumsi energi, termasuk energi untuk produksi atau kegiatan dan untuk meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan tambahan lainnya. Dengan demikian manajemen energi adalah kegiatan yang terstruktur terhadap energi dengan tujuan mengurangi konsumsi energi secara terus menerus dan menjaga peningkatan yang telah dicapai. Manajemen energi dilaksanakan mengikuti pola *Deming Circle* (PDCA) dimana melalui pembuatan kebijakan, perencanaan aksi, penerapan dan evaluasi yang terus menerus menuju perbaikan.

Dengan demikian manajemen energi bukan tujuan tetapi merupakan kegiatan yang memperhatikan energi dalam kegiatan manajemen sehari-hari. Selain itu hubungan antara manajemen energi dengan operasi harian menjadi suatu kerangka kerja dalam

suatu dokumen yang didukung oleh manajemen [12].

D. Audit Energi

Dalam manajemen energi, untuk mengetahui dan menelusuri aliran penggunaan energi digunakan audit energi sebagai alatnya. Dengan audit energi ini akan diketahui kebocoran-kebocoran penggunaan energi di gedung sehingga dapat ditentukan langkah-langkah yang tepat untuk menekan kebocoran-kebocoran tersebut dan pengelolaan energinya menjadi baik [12].

Menurut PP No.70 Tahun 2009, audit energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi [13].

Dalam proses ini meliputi adanya audit energi yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan, yang mana hasilnya nanti akan dibandingkan dengan standar yang ada untuk kemudian dicari solusi penghematan konsumsi energi jika tingkat konsumsi energinya melebihi standar baku yang ada. Audit energi adalah kegiatan untuk mengetahui pola pemakaian energi dari peralatan pengguna energi yang ada di gedung. Tujuan dilakukan audit energi, adalah untuk menentukan cara yang terbaik untuk mengurangi penggunaan energi per satuan *output* dan mengurangi biaya operasi gedung [14].

Kegiatan audit energi merupakan alat pendukung program konservasi energi disuatu fasilitas pengguna energi. Istilah konservasi energi ini harus dibedakan dengan penghematan energi. Konsep yang berlaku dari konservasi energi ini adalah suatu kegiatan untuk mendukung pemakaian energi yang tepat dan efisien pada suatu fasilitas pengguna energi tanpa mengurangi tingkat produktifitas atau kenyamanannya. Untuk mencapai ini diperlukan batasan-batasan standar yang harus ditaati [15].

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, diperoleh indikasi yang

menunjukkan peluang penghematan energi di sektor bangunan gedung komersial mencapai 10%-30%. Bangunan gedung merupakan salah satu sektor negara dengan konsumsi energi adalah 23 % dari konsumsi energi total seluruh sektor. Konsumsi energi bangunan gedung di Indonesia tergolong boros. Secara teknis berasal dari banyaknya pemakaian alat-alat pengonsumsi energi listrik teknologi tinggi yang pada umumnya menggunakan piranti elektronika dan masih menggunakan alat-alat listrik yang boros energi. Adapun secara non teknis adalah berasal dari perilaku konsumen PLN yang mengabaikan aspek-aspek hemat energi sederhana, seperti memakai energi listrik secara berlebihan [15].

Data yang dibutuhkan adalah luas total bangunan, tingkat pencahayaan ruang, intensitas daya terpasang, konsumsi energi, juga biaya energi bangunan. Dari prosedur audit yang telah dilakukan selama ini, ada sejumlah aksi yang direkomendasikan. Misalnya dengan mengatur thermostat ke angka tertentu untuk mendapatkan penghematan pada suatu ruangan dengan AC atau langkah sederhana lain, mengganti lampu pijar dengan lampu *fluorescence* bisa menekan 15-20 % penggunaan listrik [15].

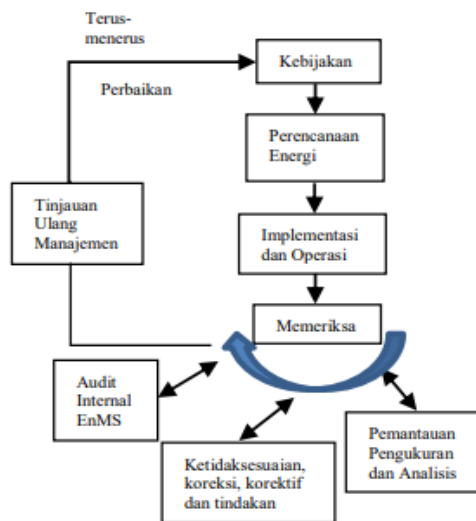
Tujuan audit energi adalah mencari peluang hemat energi (*energy conservation opportunities*). Hasil dari audit energi akan diketahui melalui profil penggunaan energi yang memberikan gambaran menyeluruh tentang pemanfaatan energi pada bangunan gedung, sehingga dapat disusun rancangan strategis untuk mengendalikan penggunaan energi dalam bentuk laporan audit 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 non-AC [15].

E. Sistem Manajemen Energi

Sistem manajemen energi ENMs adalah proses perbaikan yang terus menerus oleh PDCA lingkaran. Model pengelolaan energi membutuhkan untuk membangun

kebijakan energi dan perencanaan energi di jelas dan spesifik. Perencanaan energi harus dibuat input, output, dan menentukan potensi konservasi energi untuk meningkatkan efisiensi sistem. Model sistem manajemen energi juga mengharuskan untuk membuat audit internal ENMs oleh pemantauan, pengukuran dan analisis, serta selama proses pemeriksaan perlu mengetahui ketidaksesuaian, koreksi, tindakan korektif dan preventif dalam sistem manajemen energi yang berkelanjutan. Semua tahapan proses manajemen energi harus ditinjau, diperiksa dan membuat perbaikan yang diperlukan tepat waktu [16].



Gambar 1. Model Sistem Manajemen Energi ISO 50001 [16]

F. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE dibutuhkan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan energi di suatu gedung. IKE (*Energy Use Intensity*) berdasarkan formula perhitungan dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta no. 38 tahun 2012 adalah besar energi yang digunakan suatu bangunan gedung perluas area yang dikondisikan dalam satu bulan atau satu tahun [17]. Area yang dikondisikan adalah area yang diatur temperatur ruangnya sehingga memenuhi standar kenyamanan dengan udara sejuk melalui suplai sistem tata udara gedung. IKE adalah perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung. IKE Listrik adalah pembandingan antara konsumsi

energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung [18].

IKE ditulis dalam bentuk Pers. 1 seperti di bawah ini:

$$IKE = \frac{\text{Total Energy Consumption (kWh)}}{\text{Total Area (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Pedoman nilai standar IKE untuk bangunan di Indonesia telah ditetapkan dalam pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia [19]:

Standar IKE gedung yang direkomendasikan ruangan dengan AC ruangan tanpa AC terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. IKE bangunan tanpa pengkondisi udara [15]

Kriteria	Keterangan
Efisien (10-20 kWh/m ² /tahun)	Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konversi energi listrik
	Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur
Cukup Efisien (20-30 kWh/m ² /tahun)	Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi
	Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi
Boros (30-40 kWh/m ² /tahun)	Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan
	Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan

	sehingga pemborosan energi dapat dihindari		penerapan sistem manajemen energi terpadu
	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi		Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan
	Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi	Agak Boros (145-175 kWh/m ² /tahun)	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi
Sangat Boros (40-50 kWh/m ² /tahun)	Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi atau peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan		Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari
	Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan	Boros (175-285 kWh/m ² /tahun)	Instalasi peralatan dan desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi

Standar IKE gedung ber-AC yang direkomendasikan terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Intensitas konsumsi energi bangunan dengan pengkondisian udara [15]

Kriteria	Keterangan		
Sangat Efisien (50-95 kWh/m ² /tahun)	Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi		Agar ditinjau ulang atas semua instalasi atau peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan
	Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi	Sangat Boros (285-450 kWh/m ² /tahun)	Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan
Efisien (95-145 kWh/m ² /tahun)	Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur		
	Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui		

G. Bangunan Hemat Energi

Pada umumnya gedung di daerah tropis (Indonesia) intensitas penggunaannya sebagai berikut, sistem tata udara (45-70%), sistem pencahayaan (10-20%), lift dan eskalator (2-7%), dan peralatan elektronik (2-10%) [20].

Kriteria penggunaan energi atau IKE pada bangunan gedung untuk fungsi perkantoran menurut ASEAN *Data Base*

Officers 1990 terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu [18]:

1. *Energy intensive*, bangunan gedung ini termasuk kelompok yang memiliki tingkat IKE elektrik sebesar 340 kWh/m²/tahun \pm 5%. Indikasi ini menunjukkan konsumsi energi elektrik pada bangunan gedung tersebut adalah boros.
2. *Base case*, IKE elektriknya 240 kWh/m²/tahun \pm 5%, hal ini menunjukan bangunan gedung tersebut tidak terkelola dengan baik tetapi tidak dikategorikan boros.
3. *Energy standard*, IKE elektriknya 180 kWh/m²/tahun \pm 5%, menunjukan bangunan gedung tersebut telah dapat mengelola energi elektriknya dengan baik dan sudah melaksanakan program hemat energi.
4. *Energy efficiency*, IKE elektriknya 145 kWh/m²/tahun \pm 5%, menunjukan bangunan gedung ini telah mengelola energi elektriknya secara optimal sehingga menjadi hemat dan efisien

H. Sistem Pencahayaan

Setiap aktivitas memerlukan tingkat pencahayaan. Tingkat pencahayaan suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata bidang kerja. Satuan tingkat pencahayaan adalah lumen atau lux per satuan luas area (lx/m²). Berdasarkan sumber asalnya, sistem pencahayaan terbagi menjadi dua sumber, yaitu [20]:

1. Pencahayaan alami, sumbernya berasal dari alam (sinar matahari) yang digunakan untuk menerangi ruangan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pencahayaan alami yang dikatakan baik apabila memenuhi syarat, yaitu pada siang hari antara pukul 08.00-16.00 terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan dan distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.
2. Pencahayaan buatan, sumbernya berasal dari teknologi penciptaan manusia yang dikenal dengan nama lampu berdasarkan pada sumbernya, sistem pencahayaan

I. Sistem Tata Udara

Sistem tata udara yang baik akan meningkatkan kenyamanan dalam melakukan aktivitas. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam tata udara adalah faktor pembebanan pendingin ruangan. Tujuan untuk mengetahui seberapa besar pembebanan yang ditimbulkan pada bangunan gedung tersebut adalah memberikan suatu acuan dalam pemilihan kapasitas AC yang tepat yang dapat dipasang pada suatu ruangan. Berikut beberapa komponen bangunan gedung yang mempengaruhi pembebanan pada AC, yaitu [21]:

1. Bahan bangunan, pemilihan bahan bangunan akan mempengaruhi nilai transmitansi termal bagi beban pendinginan.
2. Beban listrik, beban yang ditimbulkan dari penggunaan listrik untuk pencahayaan memberi sumbangan beban pendinginan sebesar 15%-20%.
3. Beban penghuni, tingkat hunian merupakan komponen yang memberikan pengaruh pada kondisi pembebanan pada pendingin ruangan, nilainya berkisar antara 10%-15%.
4. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi, udara luar yang dimasukan sebagai ventilasi akan menimbulkan sensibel maupun laten pada beban pendinginan yang cukup tinggi, yang nilainya mencapai 12%-18%.
5. Beban selubung bangunan, beban pendingin yang berasal dari luar melalui selubung bangunan akan memberikan pengaruh pada waktu beban puncak.
6. Beban lainnya dan beban sistem, di samping beban yang menimbulkan beban positif bagi beban pendinginan, terdapat pula peralatan yang memberikan nilai negatif dalam beban pendinginan

J. Konservasi Energi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 2009 tentang Konservasi Energi, konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi

pemanfaatannya. Efisiensi merupakan salah satu langkah dalam pelaksanaan konservasi energi. Efisiensi energi merupakan istilah umum yang mengacu pada penggunaan energi lebih sedikit untuk menghasilkan jumlah layanan atau output berguna yang sama. *Air conditioning* merupakan peralatan yang digunakan untuk mengambil panas dari suatu area maupun menyediakan panas disuatu area dengan menggunakan *refrigeration cycle* [21].

Konservasi energi listrik pada sistem tata udara pengadaan suatu sistem pengkondisian udara adalah agar tercapai kondisi temperatur, kelembaban, kebersihan, dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Suatu sistem pengkondisian udara bisa berubah sebuah sistem pemanasan, pendinginan dan ventilasi. Untuk kondisi iklim Indonesia (tropis), untuk proses pengkondisian udara yang berupa pendinginan banyak sekali yang digunakan. Pendingin ini berfungsi untuk menciptakan kondisi nyaman bagi beberapa aktivitas manusia. Kebutuhan akan kapasitas AC yang paling menentukan adalah seberapa besar ruangan yang akan ditempatkan [22,24].

Konservasi energi erat kaitannya dengan Peluang Penghematan Energi (PPE) atau *Energy Conservation Opportunities* (ECO) yang sesuai dengan Permen ESDM No.13 tahun 2012 [13]. PPE dapat diketahui melalui hasil perhitungan IKE dengan IKE standar yang telah ditetapkan. Proses penghematan dapat dilakukan dengan [23]:

1. Menggunakan sumber energi alternatif yang lebih efisien & murah
2. Memperbaiki kinerja peralatan dan mengurangi penggunaan peralatan listrik (daya dan waktu operasi)
3. Menggunakan peralatan listrik yang hemat energi.

Metode Penelitian

Hasil dari pengamatan dan pengukuran pada penelitian yang dilakukan kemudian ditindaklanjuti dengan menghitung besarnya IKE serta usaha

penghematan energi listrik (*ECO*) dengan mengambil pertimbangan berdasarkan standar sesuai Permen SDM No.13 Tahun 2012 apabila tingkat konsumsinya melebihi standar baku. Pada tahapan audit ini dibagi menjadi beberapa tahap pelaksanaan dalam pengumpulan data yaitu:

A. Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan informasi yang dilakukan melalui tahapan pengamatan disertai dengan pendataan terhadap keadaan atau perilaku dari objek yang dikaji. Pengamatan adalah metode pengumpulan data dimana penelitian atau kolaboratornya mencatat informasi sebagaimana yang mereka temui selama kegiatan penelitian. Pada penelitian ini, observasi pengumpulan data yang dilakukan berupa:

- Data awal seperti *layout* gedung lantai 2 dan 3, pengukuran intensitas cahaya ruangan, kapasitas pendinginan dan penggunaan sistem tata cahaya bangunan gedung toko buku di Pekanbaru ini.
- Melakukan wawancara kepada pengelola dan pengguna gedung untuk mendapatkan data dan kebiasaan penggunaan energi listrik

B. Variable Penelitian

Variabel penelitian meliputi total pemakaian energi berdasarkan audit energi awal dan audit energi rinci serta peluang penghematan berdasarkan standar yang berlaku. Untuk tahapan audit energi awal akan dihitung total IKE tiap satuan luas (*net area*). Dan untuk perinciannya akan dihitung konsumsi energi listrik dan biaya yang dikeluarkan per satuan waktu di tiap komponen baik pada sistem tata cahaya dan tata udara.

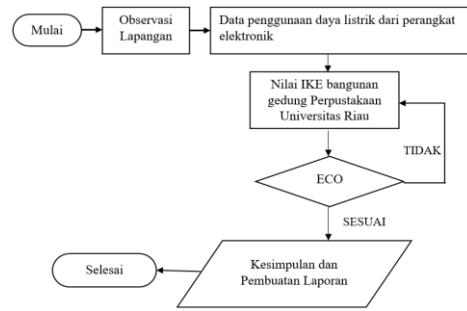
C. Analisis Data

Data yang telah terkumpul melalui pengamatan (observasi) akan dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mendeskripsikan hasil penelitian dalam bentuk grafik, dan perhitungan opsi konservasi energi (*ECO*). Peralatan yang digunakan adalah luxmeter, meteran, dan kamera digital. Hasil akhir

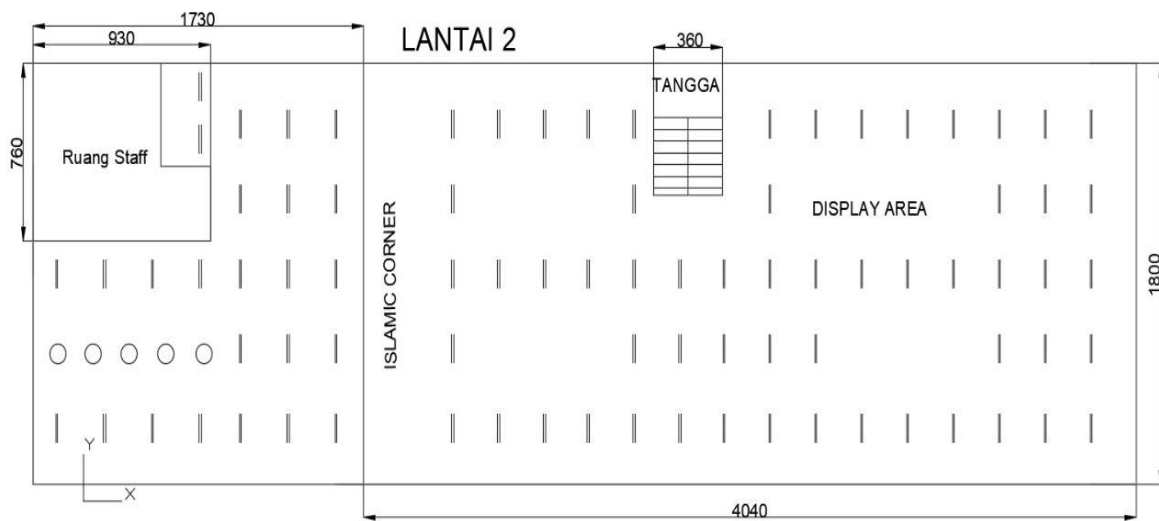
berupa rekomendasi ECO untuk penghematan energi.

D. Alur Penelitian

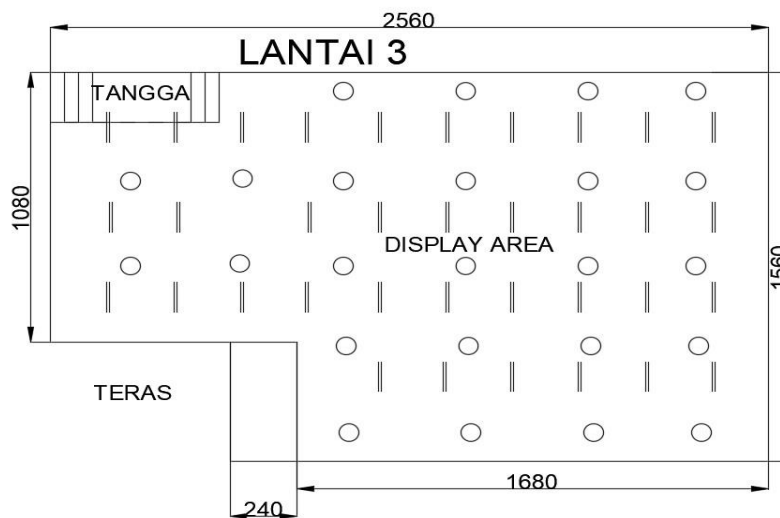
Diperlukan sebuah panduan atau *flowchart* untuk menuntun pelaksanaan audit pemakaian energi untuk sistem tata cahaya dan tata udara pada lantai 2 dan 3 toko buku di Pekanbaru seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. Denah Gedung Toko Buku Lantai 2 di Pekanbaru



Gambar 4. Denah Gedung Toko Buku Lantai 3 di Pekanbaru

Hasil dan Pembahasan

A. Data Awal Penelitian

Di antara bangunan gedung di Kota Pekanbaru, salah satunya merupakan toko buku yang terletak di Jalan Jendral Sudirman. Gedung ini terdiri atas 3 lantai,

yang mana menjadi fokus audit energi ada pada lantai 2 dan lantai 3 pada gedung ini. Audit penggunaan energi pada toko buku dilakukan berdasarkan jam operasi dari toko buku tersebut, dimana beroperasi selama 112 jam/hari, dimulai dari pukul 09.30

sampai 21.30 WIB. Bangunan toko buku ini menghadap ke arah timur.

Pada lantai 2 dan lantai 3 pada gedung toko buku ini terdapat ruang *display* dengan menggunakan sistem tata cahaya dan tata udara dengan luas total keseluruhan lantai 2 dan lantai 3 adalah 1329,96 m² atau dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

B. Audit Energi

1. Sistem Tata Cahaya

Dalam melakukan audit sistem tata cahaya dilakukan pengukuran tingkat intensitas cahaya di ruangan menggunakan lux meter, serta jenis (spesifikasi) lampu yang digunakan dan dilakukan perbandingan terhadap standar tingkat *lumens* ruangan pada tabel 3.

Tabel 3. Lux pada toko buku pra-ECO

No	Ruangan	Lux Pengukuran	Standar SNI	Keterangan
1.	Lantai 2 Section A	600 lx	350 lx	Di atas Standar
2.	Lantai 2 Section B	333 lx	350 lx	Di bawah Standar
3.	Lantai 3	528 lx	350 lx	Di atas Standar

Setelah diketahui lux dari ruangan di setiap lantai, kemudian dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik untuk sistem tata cahaya di bangunan gedung dengan skala waktu harian, bulanan dan tahunan. Konsumsi energi listrik erat kaitannya dengan biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan energi listrik tersebut, sehingga perhitungan biaya yang dikeluarkan dampak penggunaan energi listrik untuk sistem tata cahaya perlu dilakukan, dimana digunakan biaya rata-rata listrik per kWh-nya adalah Rp 1457,00 seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Daya listrik dan biaya listrik tata cahaya pra-ECO

Tata Cahaya	Daya Listrik (kWh)			Biaya		
	Hari	Bulan	Tahun	Hari	Bulan	Tahun
ya	107,4	3.222,72	39.201	Rp 156.481	Rp 4.694.454	Rp 57.115.857

2. Sistem Tata Udara

Sistem tata udara berhubungan dengan pengkondisian sistem udara dan

memberikan kenyamanan kepada pengunjung. Bangunan gedung dengan area *display* yang cukup luas, maka untuk pemenuhan kebutuhan akan sistem tata udara digunakan AC jenis *split duct* dan jenis *standing floor air conditioner* sebagai perangkat dalam sistem tata udara. Dalam audit ini dilakukan kajian perhitungan terkait dimensi ruangan, kebutuhan pendinginan, spesifikasi AC yang digunakan serta waktu operasional dari perangkat sistem tata udara pada tabel 5.

Tabel 5. Kapasitas pendinginan tata udara pra-ECO

Ruangan	Luas Area (m ²)	Kapasitas Pendinginan (Btu/h)	Jumlah AC	Daya AC (W)	Waktu Operasional (Jam)
Lantai 2	970	100.000	6	11.400	12
Lantai 3	399,36	55.000	6	5490	12

Setelah diketahui daya AC dan jumlah penggunaan AC, maka kemudian dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik untuk sistem tata udara harian, bulanan dan tahunan. Konsumsi energi listrik erat kaitannya dengan biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan energi listrik tersebut, sehingga perlu dihitung biaya yang dikeluarkan dampak penggunaan energi listrik untuk sistem tata udara, dimana digunakan biaya rata-rata listrik per kWh-nya adalah Rp 1.457,00 pada tabel 6.

Tabel 6. Daya listrik dan biaya listrik tata udara pra-ECO

Tata Udara	Daya Listrik (kWh)			Biaya		
	Hari	Bulan	Tahun	Hari	Bulan	Tahun
Udara	1.160,34	34.810,3	423.525,2	Rp. 1.690.619	Rp. 50.718.592	Rp. 617.076.209

3. IKE Pra-ECO

Dari semua data yang telah diperoleh saat melakukan audit energi, maka nilai intensitas konsumsi energi bulanan dapat dihitung, dengan menggunakan Pers. 1 dan dibentuk dalam tabel 7:

Tabel 7. IKE Pra-ECO

Sistem	Daya Bulanan (kWh)	Biaya Bulan
Tata Cahaya	3.222,72	Rp. 4.694.454
Tata Udara	34.810,3	Rp. 50.718.592
Total	38.033,02	Rp. 45.673.434

$$\begin{aligned} \text{IKE} &= \text{Total Penggunaan Listrik} \\ &\quad (1 \text{ Bulan/Luas Area}) \\ &= 38.033,02 \text{ kWh}/1329,96 \text{ m}^2 \\ &= 28,59 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai IKE per bulan yang diperoleh yaitu 28,59, maka konsumsi energi pada toko buku ini masih tergolong Boros.

B. Energy Conservation Opportunities

Dari hasil perhitungan IKE bulanan yang dilakukan, bangun Gedung toko buku ini masih tergolong boros dalam konsumsi energi, oleh karena itu perlu dilakukan langkah penghematan energi dalam rangka konservasi energi.

Peluang penghematan dapat dilakukan dengan menyesuaikan penggunaan dengan standar SNI terkait sistem tata cahaya ataupun tata udara.

1. Sistem Tata Cahaya

Untuk sistem tata cahaya dilakukan penyesuaian penggunaan lampu agar sesuai dengan SNI, dimana dapat dilakukan penambahan ataupun pengurangan pada tabel 8.

Tabel 8. Lux pada toko buku setelah ECO

Ruangan	Lux Pengukuran	Lux SNI	Pengurangan Lampu	Penambahan Lampu
Lantai 2 Section A	600 Lx	350 Lx	63 Pcs	-
Lantai 2 Section B	333 Lx	350 Lx	-	1 Pcs
Lantai 3	528 Lx	350 Lx	19 Pcs	-

Dari tabel 8 dapat dilihat penambahan ataupun pengurangan dari penggunaan lampu di toko buku. Dimana untuk lantai 2 section A pada awalnya menggunakan lampu TL-LED dengan daya 36 Watt sebanyak 153 buah, kemudian

setelah dilakukan penyesuaian ECO, maka total lampu yang digunakan menjadi 90 buah lampu. Untuk lantai 2 section B menggunakan 26 lampu TL-LED *Fluorescent* 36 Watt dan 8 LED *Bulb* 40 Watt, yang mana setelah dilakukan penyesuaian ECO jumlah lampu yang digunakan bertambah menjadi 26 lampu TL-LED *Fluorescent* 36 Watt dan 9 LED *Bulb* 40 Watt. Pada lantai 3 digunakan 36 buah lampu TL-LED *Fluorescent* 36 Watt dan 24 LED *Bulb* 40 Watt, setelah dilakukan ECO maka penggunaan lampu LED *Bulb* 40W dikurangi menjadi 5 buah lampu saja.

Pengurangan penggunaan lampu pada sistem tata cahaya di gedung toko buku ini tentu akan berdampak pada pengurangan biaya yang akan dikeluarkan untuk sistem tata cahaya pada tabel 9.

Tabel 9. Daya listrik dan biaya listrik tata cahaya setelah ECO

Tata Cahaya	Daya Listrik (kWh)			Biaya		
	Hari	Bulan	Tahun	Hari	Bulan	Tahun
	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
	67,0	2.01	24,4	97,7	2.932,0	35.673.
	8	2,4	84,2	35	66	275

2. Sistem Tata Udara

Untuk sistem tata udara, metode yang digunakan untuk menganalisa dan mengambil langkah ECO adalah perbandingan berdasarkan kebutuhan pendinginan ruangan dan kapasitas pendinginan yang tersedia pada tabel 10.

Kebutuhan pendinginan ruangan dihitung menggunakan Pers. 2 seperti di bawah ini:

$$Q = \frac{L \times W \times H \times I \times E}{60} \quad (2)$$

Dimana :

- L : Panjang ruangan (ft)
- W : Lebar ruangan (ft)
- H : Tinggi ruangan (ft)
- I : Pengaruh posisi ruangan; 10 jika ruangan berada dilantai bawah ; 18 jika berada dilantai atas
- E : Arah Bangunan
20 jika menghadap arah barat
18 jika menghadap arah selatan

17 jika menghadap arah timur

16 jika menghadap arah utara

Tabel 10. Kapasitas pendinginan tata udara ECO

Ruangan	Kapasitas Pendinginan	Kebutuhan Pendinginan	Pengurangan
Lantai 2	600.000	458.455,6	1 Unit AC (10 PK)
Lantai 3	330.000	169.174,4	2 Unit AC (6 PK/ AC)

Dari tabel diatas diketahui bahwa penggunaan AC untuk sistem tata udara masi berlebihan dan dapat dihemat. Untuk lantai 2 penggunaan awal adalah 6 unit AC 10 PK dan setelah dilakukan *ECO* penggunaan menjadi 5 unit AC 10 PK. Lantai 3 menggunakan 6 unit AC 6 kapasitas 6 PK, dan setelah dilakukan peluang penghematan energi, jumlah AC yang digunakan menjadi 4 unit AC 6 PK.

Penghematan penggunaan tata udara akan mempengaruhi penggunaan energi listrik dan juga biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan sistem tata dara pada tabel 11.

Tabel 11. Daya listrik dan biaya listrik tata udara setelah ECO

Tata Udara	Daya Listrik (kWh)			Biaya		
	Hari	Bulan	Tahun	Hari	Bulan	Tahun
	937,52	28,125,6	342,194,8	Rp 1.365,966,64	Rp 40.978,980	Rp 498,577.590

3. IKE Setelah ECO

Setelah melakukan langkah peluang penghematan energi, maka dapat dipresentasikan dampak penghematan penggunaan energi listrik pada sektor tata cahaya dan tata udara terhadap penggunaan energi listrik dan biaya yan dikeluarkan untuk penggunaan energi listrik tersebut dalam bentuk intensitas konsumsi energi pada tabel 12.

Tabel 12. IKE Setelah ECO

Sistem	Daya Bulanan (kWh)	Biaya Bulan
Tata Cahaya	2.012,4	Rp2.931.775,4
Tata Udara	28.125,6	Rp40.978.980
Total	30.138	Rp 43.911.066

$$\text{IKE} = \text{Total Penggunaan Listrik} \\ (1 \text{ Bulan/Luas Area})$$

$$= 30.138 \text{ kWh} / 1.305 \text{ m}^2$$

$$= 23,09$$

Berdasarkan nilai IKE per bulan yang diperoleh yaitu 23,09, maka konsumsi energi pada toko buku ini masih tergolong Boros. Namun IKE mengalami penurunan setelah melakukan ECO dibandingkan Pra-ECO. Faktor penurunan IKE adalah pengurangan penggunaan daya energi listrik per bulan seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan daya per bulan dan IKE antara Pra-ECO dan ECO

Sistem	Daya Listrik (kWh)		IKE	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Tata Cahaya	3.222,72	2.012,4	28,59	23,09
Tata Udara	34.810,3	28.125,6		

Selain penurunan penggunaan daya energi pada toko, terjadi pengurangan biaya energi listrik yang harus dikeluarkan. seperti pada tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan biaya energi listrik per bulan antara Pra-ECO dan ECO

Sistem	Biaya	
	Sebelum	Sesudah
Tata Cahaya	Rp. 4.694.454	Rp. 2.931.775,4
Tata Udara	Rp. 50.718.592	Rp. 40.978.980
Total	Rp. 55.413.046	Rp. 43.910.755

Dengan melakukan ECO, maka biaya dan daya energi listrik yang dihasilkan dalam per tahun di toko buku ini dapat dihemat dibandingkan dengan Pra-ECO seperti pada tabel 15 dan tabel 16.

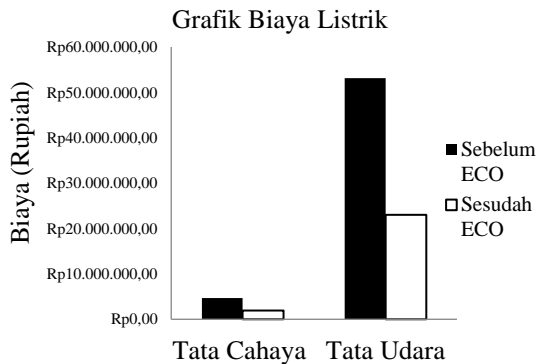
Tabel 15. Selisih biaya listrik per tahun antara Pra-ECO dan ECO

Tahun	Sistem	
	Tata Cahaya	Tata Udara
Pra-ECO	Rp 57.115.857	Rp. 617.076.209
ECO	Rp. 35.673.275	Rp. 498.577.590
Total	Rp. 21.442.582	Rp. 118.498.619

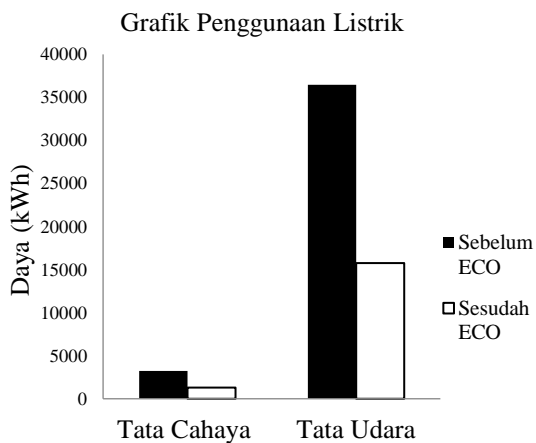
Tabel 16. Selisih daya listrik per tahun antara pra-ECO dan ECO

Tahun	Sistem	
	Tata Cahaya	Tata Udara
Pra-ECO	39.201 kWh	423.525,2 kWh
ECO	24.484,2 kWh	342.194,8 kWh
Total	14.716,8 kWh	81.330,4 kWh

Setelah melakukan perhitungan Pra ECO dan setelah ECO, maka dibuatkan perbandingan dalam bentuk grafik biaya dan penggunaan daya listrik antara pra-ECO dan setelah ECO seperti pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik Biaya Listrik Sebelum ECO dan Setelah ECO



Gambar 6. Grafik Penggunaan Listrik Sebelum ECO dan Setelah ECO

Kesimpulan

Sebutkan Adapun kesimpulan dari laporan ini adalah daya listrik yang digunakan melalui peralatan baik sistem tata udara dan tata cahaya adalah 462.726,2 kWh. Total daya listrik yang digunakan per tahun pada toko buku di Pekanbaru sebelum dilakukan ECO sebesar 462.726,2 kWh, sedangkan setelah dilakukan ECO berkurang menjadi 366.679 kWh. Daya yang bisa dihemat dalam setahun adalah 96.047,2 kWh. Total biaya listrik yang dibayar toko buku di Pekanbaru per tahun sebelum ECO sebesar Rp. 674.292.066, sedangkan setelah dilakukan ECO berkurang menjadi Rp. 534.250.865. Biaya

yang dapat dihemat sebesar Rp. 139.941.201. IKE sebelum dilakukan ECO sebesar 28,59 (Boros). Setelah dilakukan ECO, IKE sebesar 23,09 (Boros).

Referensi

- [1] A. Marzuki dan Rusman, 2012. Audit Energi pada Bangunan Gedung Direksi PT. Perkebunan Nusantara XIII (Persero). *Vokasi*. 8 (3), 184-196.
- [2] Windy, L. S. dan Awaludin, M., 2015. Analisis Exergy Pada Combustion Chamber Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (Pltgu) Teluk Lembu 30 MW. *JOM FTEKNIK*. 2 (2).
- [3] Kementerian ESDM dan Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2020. Statistik ketenagalistrikan, Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- [4] Biantoro, A. W. dan Permana, D. P., 2017. Analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi energi di gedung AB, kabupaten tangerang, banten. *JTM (Jurnal Teknik Mesin)*. 6 (2), 85-93.
- [5] Martin, A., et.al, 2019. Experimental study of an organic rankine cycle system using R-134a as working fluid with helical evaporator and condenser. *IOP Conference Series*.
- [6] Undang-Undang Republik No.28 Tahun 2002.
- [7] Peraturan Pemerintah No.36 Tahun 2005.
- [8] Bachtiar, M. A., 2020. Studi evaluasi struktur dengan penambahan lantai atas pada gedung perkuliahan di IAIN jember berdasar faktor keamanan pondasi lama. Tugas akhir, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
- [9] Rianto, A. D., 2016. Pusat perbelanjaan berkonsep citywalk di kota bogor. *Tugas akhir*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- [10] Ruspianof, A. D. C., et al., 2017. Evaluasi keandalan sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung

(Studi kasus gedung PT. PLN wilayah riau dan kepulauan riau). *Jurnal Saintis*. 17 (2). 39-45.

- [11] Ariestadi, D., et al., 2014. Kriteria kinerja energi untuk kenyamanan termal pada bangunan fasilitas pendidikan tinggi di indonesia. *Jurnal RUAS*. 12 (1), 31-41.
- [12] Setyawan, I P. G. W. dkk., 2012. Manajemen energi di rumah sakit surya husadha denpasar. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. 11 (2), 18-24.
- [13] Peraturan Menteri SDM No.13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik.
- [14] Peraturan Menteri SDM No.14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi.
- [15] Untoro, J., et al., 2014. Audit energi dan analisis penghematan konsumsi energi pada sistem peralatan listrik di gedung pelayanan UNILA. *Electrician*. 8 (2), 93-104.
- [16] Mulyani, F., et al., 2018. Audit dan rancangan implementasi sistem manajemen energi berbasis ISO 50001 di universitas brawijaya malang. *Jurnal EECCIS*. 12 (2), 78-84.
- [17] Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 38 tahun 2012.
- [18] Raharjo, M. A. dan Riadi, S., 2015. Audit konsumsi energi untuk mengetahui peluang penghematan energi pada gedung PT indonesia caps and closures, *Jurnal PASTI*. 10 (3), 342-356.
- [19] Kartika, S. A., 2018. Analisis konsumsi energi dan program konservasi energi (Studi kasus: gedung perkantoran dan kompleks perumahan TI). *Sebatik*. 22 (2). 41-50.
- [20] Rosano, A., 2020. Audit energi listrik pada gedung menara "MBM" PT bank XYZ kantor regional cirebon. *Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro*. 1 (1), 34-39.
- [21] Lukman, A., 2018. Audit energi pemakaian air conditioning (AC) di gedung dinas pekerjaan umum kab. ketapang propinsi kalimantan barat. *Jurnal ELKHA*. 1 (1), 1-5
- [22] Wijayanti, R. W., et al., 2018. Audit Energi Sistem Pencahayaan Pada Gedung Produksi J PT. PHAPROS, TBK. Prosiding SNST ke-9, 7-12
- [23] Berchmans, H., et al., 2014. Panduan Penghematan Energi di Gedung Pemerintah. USAID Indonesia Clean Energy Development (ICED Project)
- [24] Yuono, L. D., Budiyanto, E., & Ansori, A. (2022). Analisa kerja alat uji prestasi mesin pendingin udara dengan kapasitas daya kompresor 1 PK. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(1).