

Energy Management and Audit of the Lighting and Air Conditioning System at the Teratak Buluh Grand Mosque, Pekanbaru City

Fikri Fahlevi Nasution¹, Nur Khotimah^{1,*}, Awaludin Martin¹, Tikkos Sihombing¹

¹ *Department of Masters in Mechanical Engineering, University of Riau, Jl. HR Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, Riau, Indonesia*

ABSTRACT – Energy management and audits are important steps in improving energy efficiency. Mosques, as centers of religious and social activities, often have significant energy requirements. This research aims to carry out an energy audit of a mosque and identify potential energy savings and recommendations. The energy audit will be aimed at the Teratak Buluh Grand Mosque building, Pekanbaru City. The research results show that mosques have the potential for significant energy savings with recommendations for energy conservation opportunities that can be implemented by reducing the lights used and the number of air conditioners. The use of electrical power after energy conservation opportunities (ECO) is 41,918.40 kWh/year with electricity costs of IDR 38,774,520/year, with an energy consumption intensity (IKE) value for the mosque of 13.49 kWh/m²/month. Based on Ministerial Regulation No. 13 of 2012 concerning Electrical Energy Savings, this value is included in the fairly efficient energy consumption category.

Riwayat Artikel:
Diterima: 16
Desember 2023
Direvisi: 29
Desember 2023
Disetujui: 29 Januari
2024

KEYWORDS: *energy management and audit, energy conservation opportunities, energy consumption intensity*

1. PENDAHULUAN

Hampir setiap aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat bergantung pada energi. Meskipun cadangan energi di seluruh dunia semakin menipis, permintaan akan energi terus meningkat, menurut proyeksi Badan Energi Dunia (International Energy Agency-IEA), hingga tahun 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Sebagian besar atau sekitar 80% kebutuhan energi dunia tersebut dipasok dari bahan bakar fosil. [1]. Konsumsi energi yang berlebihan dan boros dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, produk menjadi tidak kompetitif, dan gejala sosial ekonomi dalam jangka panjang. Salah satu jenis krisis energi yang sedang terjadi adalah listrik, yang disebabkan oleh pemborosan energi. Penggunaan listrik yang berlebihan telah menjadi masalah serius dalam masyarakat modern. Penggunaan berlebihan dari sumber daya ini juga dapat memiliki dampak negatif yang serius. Salah satu dampak paling signifikan dari penggunaan listrik berlebihan adalah kontribusi terhadap efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah proses alami di mana atmosfer bumi mempertahankan suhu yang sesuai untuk kehidupan. Namun, produksi listrik dari bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi menghasilkan sejumlah besar karbon dioksida (CO₂), yang merupakan gas rumah kaca utama [2].

Berdasarkan data *International Energy Agency* (IEA) peningkatan terbesar dalam emisi CO₂ berdasarkan sektor pada tahun 2021 terjadi di sektor produksi listrik dan panas, dimana emisi tersebut melonjak lebih dari 941 juta ton, menyumbang 46% dari peningkatan emisi global. Peningkatan ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat. Emisi CO₂ dari sektor ini mendekati 14,6 miliar ton, mencapai level tertinggi sepanjang sejarah dan sekitar 500 juta ton lebih tinggi daripada pada tahun 2019. Selain dari sektor listrik, emisi CO₂ juga disebabkan oleh beberapa sektor antara lain seperti industri sebesar 193 juta ton, transportasi sebesar 501 juta ton, bangunan sebesar 167 juta ton dan dari yang lainnya sebesar 235 juta ton [3].

Permintaan listrik global terbesar dari tahun ke tahun meningkat hampir 1.400 TeraWatt-jam (TWh), atau 5,9% pada tahun 2021, mendorong peningkatan emisi CO₂ sebesar 6,9% dari sektor listrik dan panas [3]. Berdasarkan masalah energi yang semakin kompleks, manajemen konsumsi energi harus menjadi salah satu elemen penting yang perlu dipertimbangkan. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan kebijakan konservasi energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Kebijakan tersebut diatur oleh Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi. Konservasi energi menjadi upaya sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri. Audit adalah teknik konservasi energi

*Corresponding author: nurkhotimah052@gmail.com

untuk menghitung jumlah energi yang digunakan pada suatu bangunan [4]. Audit energi diperlukan karena penggunaan daya yang tidak efisien mengakibatkan penggunaan listrik yang tinggi, tidak terkendali, dan pengeluaran biaya listrik yang tinggi.

Laporan Departemen Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa ada peluang penghematan yang sangat besar antara 10% sampai dengan 30% jika melakukan konservasi energi di setiap sektor [5]. Penghematan energi dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi pemborosan. Audit energi dilakukan dalam mengidentifikasi adanya potensi penghematan energi pada suatu bangunan gedung ataupun industri. Penghematan peralatan pada tata cahaya dan tata udara adalah salah satu cara bangunan dapat menghemat energi. Pada sistem pencahayaan, terutama penggunaan cahaya alami dari fajar hingga siang hari, dapat mengurangi pencahayaan buatan untuk menghemat konsumsi daya yang digunakan. Untuk sistem tata udara, penghematan yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah *Air Conditioner* (AC) yang digunakan [6], selain itu juga dapat mengurangi jam operasional dari AC tersebut. Sistem tata udara menyumbang sekitar 50% hingga 70% dari total energi listrik yang digunakan, oleh karena itu, konservasi energi di sistem ini memberikan pengaruh yang paling besar [7].

Masjid adalah bagian penting dari kehidupan masyarakat muslim, dan selalu menjadi pusat kegiatan sosial dan keagamaan. Namun, masjid juga dapat menjadi konsumen energi yang signifikan, terutama dalam hal penerangan dan pendinginan. Manajemen dan audit energi pada bangunan masjid menjadi penting karena bangunan masjid juga membutuhkan energi untuk beroperasi seperti halnya bangunan lainnya. Selain itu, manajemen dan audit energi pada bangunan masjid juga dapat membantu dalam menghemat penggunaan energi dan mengurangi biaya operasional. Hal ini juga sejalan dengan upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Audit energi pada bangunan masjid dapat dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien penggunaan energi pada bangunan tersebut dan menemukan cara untuk meningkatkan efisiensi energi. Manajemen energi pada bangunan masjid juga dapat dilakukan dengan mengadopsi teknologi dan praktik yang ramah lingkungan, seperti penggunaan lampu LED, penggunaan sistem pendingin yang efisien, dan penggunaan energi terbarukan seperti panel surya. Dengan demikian, manajemen dan audit energi pada bangunan masjid dapat membantu dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan mengurangi biaya operasional.

Oleh karena itu, audit energi pada bangunan masjid menjadi penting untuk mengidentifikasi cara-cara mengurangi konsumsi energi dan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh bangunan ini. Penelitian ini bertujuan untuk menjalankan audit energi pada sebuah masjid dan mengidentifikasi potensi penghematan energi serta saran perbaikan. Audit energi akan ditujukan pada gedung Masjid Raya Teratak Buluh Kota Pekanbaru karena menggunakan

banyak energi listrik dan beroperasi dua puluh empat jam tanpa henti sebagai tempat beribadah dan pusat kegiatan keagamaan. Gedung ini memiliki 2 lantai dengan konsumsi energi yang sangat besar.

1.1 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah langkah kebijakan yang paling mudah dilakukan dan biaya termurah, dan sekarang bisa dilakukan di semua lapisan masyarakat. Kebijakan energi ini bertujuan untuk memanfaatkan sumber daya energi secara maksimal yang tersedia, juga untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi, dengan memahami bahwa penghematan energi tidak boleh menjadi hambatan untuk pekerjaan operasional atau rencana pengembangan [8].

Kebijakan mengenai konservasi energi juga diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2023 Tentang Konservasi Energi, bahwa guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya perlu dilakukan upaya pelaksanaan konservasi energi dengan memperluas cakupan pengguna energi dan pengguna sumber energi, menurunkan ambang batas konsumsi energi, pengaturan pelaksanaan konservasi energi di lingkup pemerintah pusat dan pemerintah daerah, dan menumbuhkembangkan usaha jasa konservasi energi [4].

1.2 Manajemen Energi

Manajemen energi didefinisikan sebagai pendekatan yang sistematis dan terintegrasi untuk membuat penggunaan sumber daya energi secara efisien, efektif dan rasional tanpa mengurangi kuantitas dan kualitas fungsi bangunan utama [9]. Fungsi manajemen berguna untuk memantau, menganalisis, dan mengontrol aliran energi dalam sistem untuk efisiensi energi maksimum. Dengan kenaikan harga energi baru-baru ini, manajemen energi semakin diperlukan. Karena dengan menerapkan manajemen energi ini, biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan energi dapat ditekan [5]. Ada beberapa program manajemen energi yang dapat diterapkan, antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan proses audit energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
- b. Menerapkan penghematan energi.
- c. Mengumpulkan dan menganalisis data pemakaian energi saat ini.
- d. Mempersiapkan sumber-sumber energi yang dibutuhkan pada anggaran energi.

Ada dua strategi pokok manajemen energi yang dapat dilakukan, yaitu [10];

- a. Konservasi energi, pemakaian energi yang tidak perlu dapat dihindari atau diminimalkan.
- b. Efisiensi energi, pengurangan pemakaian energi pada saat penggunaan.

1.3 Audit Energi

Menurut PP Nomor 33 Tahun 2023, 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. 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 [11]. 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 [12].

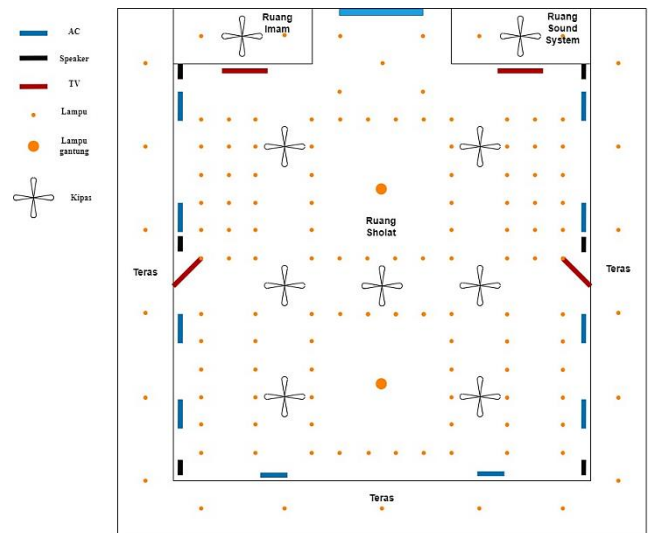
Kegiatan audit energi merupakan alat pendukung program konservasi energi pada fasilitas pengguna energi. Istilah konservasi energi ini harus dibedakan dengan penghematan energi. Konsep yang berlaku dari konservasi energi ini adalah suatu kegiatan untuk mendukung pemakaian energi yang tepat dan efisien pada suatu fasilitas pengguna energi tanpa mengurangi tingkat kenyamanannya. Untuk mencapai ini diperlukan batasan-batasan standar yang harus ditaati [13].

2. METODOLOGI

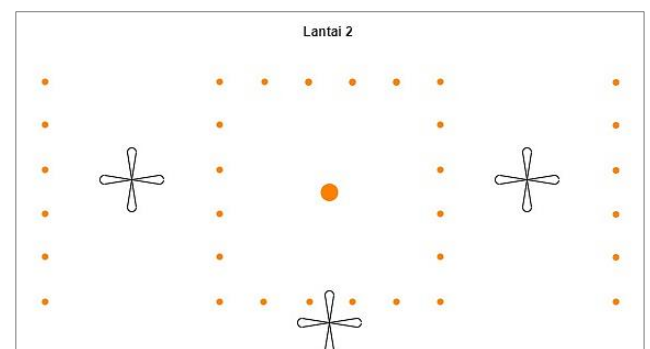
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan teknik analisis deskriptif. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah penelitian yang menggambarkan variabel secara apa adanya didukung dengan data-data berupa angka yang dihasilkan dari keadaan sebenarnya. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi lapangan dan studi literatur atau tinjauan naratif berdasarkan data yang diperlukan.

2.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan tahap yang penting untuk mengidentifikasi potensi penghematan energi dan mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Selama proses observasi, dilakukan pemantauan langsung terhadap sistem tata cahaya dan tata udara pada Masjid Raya Teratak Buluh. Saat observasi akan dilakukan pencatatan terhadap penggunaan lampu dan pendingin ruangan untuk mendapatkan penggunaan energi sehari-hari. Gambar dan Gambar menunjukkan denah dari Masjid Raya Teratak Buluh Kota Pekanbaru yang terdiri dari lantai 1 dan lantai 2.



Gambar 1 Denah Masjid Lantai 1



Gambar 2 Denah Masjid Lantai 2

Variabel penelitian mencakup pengukuran total konsumsi energi berdasarkan hasil audit energi awal dan audit energi rinci, serta potensi penghematan energi sesuai dengan standar yang berlaku. Pada tahap audit energi awal, akan menghitung total Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk setiap unit area, sementara dalam audit energi rinci, kami akan memeriksa konsumsi listrik dan biaya yang terkait per unit waktu untuk setiap komponen, baik dalam sistem pencahayaan maupun tata udara.

Data yang telah diperoleh melalui observasi lapangan akan dilakukan perhitungan serta analisis terhadap penggunaan energi per hari, per bulan dan per tahun. Perhitungan IKE dilakukan untuk mendapatkan kriteria penggunaan energi pada Masjid Raya Teratak Buluh. Hasil akhir berupa rekomendasi *Energy Conservation Opportunity* (ECO) untuk penghematan energi, serta hal apa saja yang harus dilakukan dalam penghematan energi. IKE ditulis dalam bentuk Persamaan seperti di berikut ini [14]:

$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Total area (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Dalam proses penelitian diperlukannya alur penelitian sebagai acuan dalam pelaksanaan manajemen dan audit energi di Masjid Raya Teratak Buluh. Berikut merupakan alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masjid Raya Teratak Buluh dibangun pada tahun 1965. Masjid Raya ini merupakan kategori masjid umum yang beralamat di Jl. Raya Pekanbaru - Sungai Pagar, Teratak Buluh, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Masjid Raya Teratak Buluh memiliki luas bangunan sebesar 259 m² dan luas tanah sebesar 1350 m². Masjid Raya Teratak Buluh memiliki jumlah jamaah kurang lebih sebanyak 200 orang.

3.1 Audit Energi

a. 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.



Gambar 4 Tata Cahaya pada Bangunan Masjid

Kemudian dilakukan perbandingan terhadap standar tingkat lumens pada ruangan yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengukuran Lux Tata Cahaya

Ruangan	Lux	Standar SNI [15]	Keterangan
Lantai 1	282 lux	200	Melebihi Standar
Lantai 2	271 lux	200	Melebihi Standar
Teras	137 lux	150	Sesuai Standar

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa Lantai 1 dan Lantai 2 memiliki intensitas cahaya yang melebihi standar yang telah ditentukan. Masjid tergolong kedalam bangunan sosial murni (S-3) dengan biaya listrik sebesar Rp. 925/kWh. Sistem tata cahaya ini beroperasi selama 12 jam (18.00 sore - 06.00 pagi). Setelah dilakukan perhitungan konsumsi energi pada tata cahaya sehingga didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Konsumsi Energi Listrik dan Biaya Listrik Tata Cahaya

Tata Cahaya	Hari	Bulan	Tahun
Konsumsi Energi Listrik (kWh)	13,29	398,7	4.784,4
Biaya Listrik (Rp)	12.293	368.797	4.425.570

b. 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 (*air conditioning*) 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.

Kebutuhan pendinginan ruangan dihitung menggunakan persamaan 2 [16]:

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

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.



Gambar 5 Tata Udara pada Bangunan Masjid

Pada sistem tata udara terdapat 11 pendingin ruangan yang ada didalam masjid, pendingin ruangan ini memiliki kapasitas 2 PK dengan daya sebesar 1,857 kW (Tabel 3). Pendingin ruangan ini beroperasi selama 10 jam (4.30-5.30 dan 11.30-20.30).

Tabel 3 Kapasitas Pendinginan Tata Udara

Ruangan	Luas Area (m ²)	Kapasitas Pendingin (kW)	Jumlah AC	Daya AC (kW)	Waktu Operasi (jam)
Ruang Sholat	259	5.275	11	1.857	10

Setelah diketahui daya pendingin ruangan maka dapat dilakukan perhitungan konsumsi energi listrik pada tata udara sehingga didapatkan biaya listrik per hari, per bulan dan per tahunnya yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Konsumsi Energi Listrik dan Biaya Listrik Tata Udara

Tata Udara	Hari	Bulan	Tahun
Konsumsi Energi Listrik (kWh)	204,27	6.128,1	73.537,2
Biaya Listrik (Rp)	188.949	5.668.492	68.021.910

c. Intensitas Konsumsi Energi

Konsumsi energi dikatakan efisien jika memenuhi standar nilai IKE. Standarisasi penggunaan energi pada bangunan gedung ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Standarisasi Penggunaan Energi [17]

Kriteria	Ruang AC (kWh/m ² /bulan)	Ruang non-AC (kWh/m ² /bulan)
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	23,75-37,75	3,34-4,17

Dari data yang telah diperoleh saat melakukan audit energi, maka nilai intensitas konsumsi energi bulanan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 dan ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Intesitas Konsumsi Energi pada Masjid

Sistem	Daya/bulan (kWh)	Biaya/bulan (Rp)
Tata Cahaya	398,7	368.797
Tata Udara	6.128,1	5.668.492
Total	6.526,8	6.037.289

$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Total area (m}^2\text{)}}$$

$$IKE = \frac{6.526,8 \text{ kWh}}{259 \text{ m}^2}$$

$$IKE = 25,20$$

Berdasarkan nilai IKE per bulan yang diperoleh adalah sebesar 25,20 kWh/m²/bulan sehingga konsumsi energi pada Masjid Raya Teratak Buluh masih tergolong boros.

3.2 Energy Conservation Opportunities

Dari hasil perhitungan IKE bulanan yang dilakukan, bangunan Masjid 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.

a. Penghematan Sistem Tata Cahaya

Untuk sistem tata cahaya dilakukan penyesuaian penggunaan lampu agar sesuai dengan SNI, dimana dapat dilakukan penghematan dengan mengurangi jumlah lampu yang digunakan. Perhitungan untuk mengurangi jumlah lampu dan energi yang dapat di hemat adalah sebagai berikut.

1) Penghematan lampu di Lantai 1:

- Luas ruangan = 259 m²
- Jumlah lampu = 107 buah
- Lux lantai 1 = 282 Lux
- Lumen ruangan = 282 Lumen/m²
- Lumen total = 282 Lumen x 259 m² = 73.038 Lumen
- Lumen lampu = 73.038 Lumen/107 buah = 682,6 Lumen per buah
- Penerangan lampu = 682,6 lumen/200 lux = 3,413 m²
- Jumlah lampu di perlukan = 259 m²/3,413 m² = 75,88 buah = 76 buah
- Jumlah lampu ruangan di hemat = 107 – 76 = 31 buah
- Jumlah energi dihemat = 31 buah x 10 Watt x 12 jam x 30 hari x 12 bulan = 1.339,2 kWh per tahun
- Jumlah Rupiah dihemat per tahun = 1.339,2 kWh x (Rp. 925/kwh) = Rp. 1.238.760.

2) Penghematan lampu di Lantai 2:

- Luas ruangan = 259 m²
- Jumlah lampu = 76 buah
- Lux lantai 2 = 271 Lux
- Lumen ruangan = 271 Lumen/m²
- Lumen total = 271 Lumen x 259 m² = 70.189 Lumen
- Lumen lampu = 70.189 Lumen/76 buah = 923,54 Lumen per buah

- Penerangan lampu = $923,54 \text{ lumen}/200 \text{ lux} = 4,6177 \text{ m}^2$
- Jumlah lampu di perlukan = $259 \text{ m}^2/4,6177 \text{ m}^2 = 56,09$ buah = 56 buah
- Jumlah lampu ruangan di hemat = $76 - 56 = 20$ buah
- Jumlah energi dihemat = $20 \text{ buah} \times 10 \text{ Watt} \times 12 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} = 864 \text{ kWh}$ per tahun
- Jumlah Rupiah dihemat per tahun = $864 \text{ kWh} \times (\text{Rp. } 925/\text{kwh}) = \text{Rp. } 799.200$.

Penghematan yang dapat dilakukan pada sistem tata cahaya pada Masjid Raya Teratak Buluh ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Penghematan pada Tata Cahaya

Ruangan	Pengurangan Lampu	Daya per Tahun (kWh)	Biaya per Tahun (Rp)
Lantai 1	31	1.339,2	1.238.760
Lantai 2	20	864	799.200
Total	51	2203,2	2.037.960

Pengurangan penggunaan lampu pada sistem tata cahaya di Masjid ini tentu akan berdampak pada pengurangan biaya yang akan dikeluarkan untuk sistem tata cahaya. Total penghematan pada sistem tata cahaya dalam 1 tahun adalah sebesar Rp. 2.037.960.

b. Penghematan Sistem Tata Udara

Untuk sistem tata udara, metode yang digunakan untuk menganalisis dan mengambil langkah ECO adalah perbandingan berdasarkan kebutuhan pendinginan ruangan dan kapasitas pendinginan yang tersedia. Kebutuhan pendinginan ruangan dihitung menggunakan persamaan 2 dan penghematan penggunaan AC pada tata udara ditampilkan pada Tabel 8.

$$Q = \frac{L \times W \times H \times I \times E}{60}$$

$$Q = \frac{64,94 \times 42,96 \times 32,8 \times 18 \times 20}{60}$$

$$Q = 549037,05 \text{ btu/h}$$

$$Q = \frac{549037,05}{18000}$$

$$Q = 30,5 = 15 \text{ PK}$$

Tabel 8 Penghematan AC pada Tata Udara

Ruangan	Kapasitas AC	Kebutuhan Pendinginan	Pengurangan AC
Ruang sholat	11 unit AC (2 PK/unit)	15 PK	3 unit AC (2 PK/unit)

Dari tabel diatas diketahui bahwa penggunaan AC untuk sistem tata udara masih berlebihan dan dapat dihemat. Untuk ruangan sholat penggunaan awal adalah 11 unit AC dengan kapasitas 2 PK dan setelah dilakukan ECO penggunaan menjadi 8 unit AC. Penghematan penggunaan AC tentunya akan mempengaruhi penggunaan energi listrik dan juga biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan sistem tata udara.

Penghematan biaya yang dikeluarkan pada sistem tata udara ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Penghematan Biaya pada Tata Udara

Tata Udara	Hari	Bulan	Tahun
Daya Listrik (kW)	110,32	3309,6	39.715,2
Biaya Listrik (Rp)	102.050,62	3.061.380	36.736.560

c. Intensitas Konsumsi Energi Setelah ECO

Berdasarkan semua data yang telah diperoleh saat melakukan audit energi, maka nilai intensitas konsumsi energi bulanan dapat dihitung kembali untuk melihat penghematan energi pada sistem tata cahaya dan udara. Nilai IKE pada Masjid Raya Teratak Buluh setelah dilakukan ECO ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Intesitas Konsumsi Energi Masjid Setelah ECO

Sistem	Daya Bulanan (kWh)	Biaya Bulanan (Rp)
Tata Cahaya	183,6	169.830
Tata Udara	3309,6	3.061.380
Total	3493,2	4.633.972,5

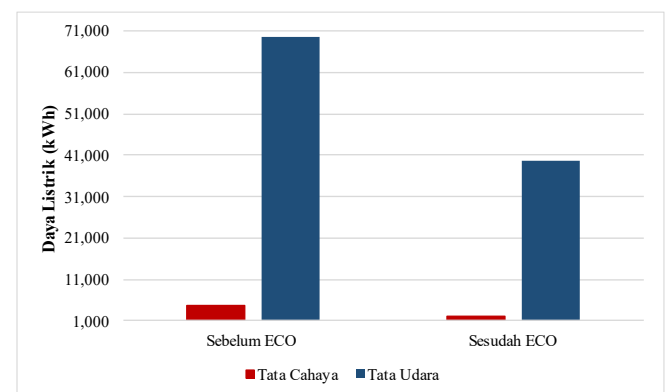
$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Total area (m}^2\text{)}}$$

$$IKE = \frac{3493,2 \text{ kWh}}{259 \text{ m}^2}$$

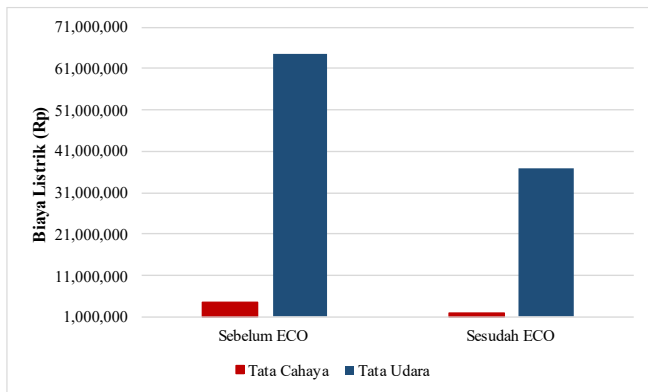
$$IKE = 13,49$$

Hasil nilai IKE pada Masjid Raya Teratak Buluh setelah dilakukan ECO mengalami penurunan, dimana nilai IKE per bulan yang diperoleh adalah sebesar 13,49 kWh/m²/bulan. Berdasarkan nilai IKE tersebut maka konsumsi energi pada Masjid Raya Teratak Buluh sudah tergolong cukup efisien.

Setelah melakukan perhitungan ECO, maka dibuatkan perbandingan dalam bentuk grafik yakni terhadap daya listrik yang digunakan dan biaya yang dikeluarkan antara sebelum dilakukan ECO dan setelah dilakukan ECO seperti ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Grafik Penggunaan Daya Listrik Sebelum dan Sesudah ECO



Gambar 7 Grafik Biaya Listrik Sebelum dan Sesudah ECO

Berdasarkan grafik di atas, besar penghematan yang didapatkan jika pada Masjid Raya Teratak Buluh ini melakukan rekomendasi peluang konservasi energi yang diberikan untuk mengurangi penggunaan pada sistem tata cahaya dan tata udara. Setelah dilakukan *energy conservation opportunities* (ECO) pada Masjid Raya Teratak Buluh dapat mengurangi pemakaian daya listrik dan biaya listrik yang dikeluarkan dalam 1 tahun, sehingga daya yang dibutuhkan hanya sebesar 2.203,2 kWh pada tata cahaya dan 39.715,2 kWh pada tata udara. Kemudian biaya listrik yang dikeluarkan adalah sebesar Rp. 2.037.960 pada tata cahaya dan sebesar Rp. 36.736.560 pada tata udara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil manajemen dan audit energi secara keseluruhan yang telah dilaksanakan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pemakaian daya listrik di Masjid Raya Teratak Buluh adalah sebesar 74.480,40 kWh/tahun dengan biaya listrik mencapai Rp 68.894.370/tahun.
2. Nilai intensitas konsumsi energi (IKE) pada Masjid Raya Teratak Buluh sebelum dilakukan *energy conservation opportunities* (ECO) adalah 23,96 kWh/m²/bulan. Berdasarkan Permen No. 13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Energi Listrik, nilai konsumsi energi tersebut pada Masjid masuk dalam kategori boros.
3. Rekomendasi peluang konservasi energi yang dapat dilakukan pada Masjid Raya Teratak Buluh adalah mengurangi pemakaian jumlah lampu dan jumlah AC. Penggunaan lampu dapat dikurangi pada lantai 1 sebanyak 31 buah lampu dari 107 buah lampu dan lantai 2 sebanyak 20 buah lampu dari 76 buah lampu. Untuk penggunaan AC yang awalnya menggunakan 11 unit AC, dapat dikurangi menjadi 8 unit AC kapasitas 2 PK/unit.
4. Pemakaian daya listrik di Masjid Raya Teratak Buluh setelah dilakukan ECO adalah sebesar 41.918,40 kWh/tahun dengan biaya listrik sebesar Rp 38.774.520 /tahun.
5. Setelah dilakukan *energy conservation opportunities* (ECO) nilai intensitas konsumsi energi (IKE) pada Masjid

Raya Teratak Buluh menjadi 13,49 kWh/m²/bulan. Nilai IKE tersebut sudah masuk dalam kategori cukup efisien.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ungkapan terimakasih kepada pihak pengurus/pengelola Masjid Raya Teratak Buluh Kota Pekanbaru yang telah mengizinkan dan membantu peneliti untuk melakukan manajemen dan audit energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. P. Wright, *World Energy Outlook*. International Energy Agency, 2023.
- [2] R. N. Ihsan and R. G. Utama, "United Nations Economic and Social Council (UNESCO): Pemenuhan Hak Asasi Manusia Melalui Penerapan Pajak Karbon di Indonesia," *Padjadjaran J. Int. Relations*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.24198/padjir.v5i2.47088.
- [3] IEA, "Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021," 2021. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>.
- [4] PP, "Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2023 Tentang Konservasi Energi," 2023, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/252083/pp-no-33-tahun-2023>.
- [5] A. K. Dewi, Pujianto, and R. R. G. Tri, "Pelatihan Manajemen Energi dan Konservasi Energi di Sektor Rumah Tangga Bagi Masyarakat Cepu," *J. ESDM*, vol. 11, no. 1, pp. 28–36, 2022.
- [6] A. Martin, Z. Mahendra, Andika, and S. Ramahendra, "Audit Energi Sistem Tata Cahaya dan Tata Udara Rumah Makan di Kota Pekanbaru," *Proksima*, vol. 1, no. 1, pp. 8–12, 2023, doi: 10.31258/proksima.1.1.8-12.
- [7] A. Martin, R. Asrian, and J. Suriyadi, "Audit Energi Sistem Tata Cahaya dan Tata Udara pada Basement dan Lantai 1 Toko Buku Pekanbaru," *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 6, no. 2, p. 98, 2022, doi: 10.31543/jtm.v6i2.762.
- [8] A. C. Muhammad *et al.*, *Konversi Energi*. Global Eksekutif Teknologi, 2023.
- [9] F. Hazrina, V. Prasetya, and A. A. Musyafiq, "Audit Dan Analisis Penghematan Energi Sistem Tata Cahaya Gedung E Dan Gedung F Di Politeknik Negeri Cilacap," *J. ECOTIPE*, vol. 7, no. 1, pp. 12–19, 2020, doi: 10.33019/ecotipe.v7i1.1389.
- [10] E. Nurisman and N. Aurelia, "EVALUASI KINERJA CONVECTION SECTION PADA PRIMARY REFORMER (101-B) PADA PT. PUPUK SRIWIDJAJA (PUSRI-IV)," *Appl. Innov.*

Eng. Sci. Res., pp. 135–144, 2021.

- [11] M. Sayuti, A. Herlina, and M. Pribadi, “Audit Energi Dan Analisa Peluang Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Air Conditioning Di Ruang Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Nurul Jadid,” *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–32, 2019.
- [12] ESDM, “Peraturan Menteri SDM No.14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi,” 2012.
- [13] I. Darmawan and M. Aulia, “Audit Energi Pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik (FISIP) Universitas Teknologi Sumbawa,” *J. Altron; J. Electron. Sci. Energy Syst.*, vol. 2, no. 01, pp. 10–18, 2023.
- [14] A. Martin, D. R. Agusta, and N. Simangunsong, “Audit energi sistem tata cahaya dan tata udara lantai 2 & 3 pada bangunan gedung toko buku di Pekanbaru,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, 2022, doi: 10.24127/trb.v11i2.2133.
- [15] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 6197:2000 - Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan,” *Standar Nas. Indones.*, pp. 1–38, 2000.
- [16] Syafriandi, Muliadi, and Mahalla, “Audit Energi Listrik Penggunaan Pendingin Udara Pada Gedung Biro Rektor Universitas Iskandarmuda,” *J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2021.
- [17] D. Despa, G. F. Nama, T. Septiana, and M. B. Saputra, “Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila,” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 33–38, 2021.