

Analisis Efisiensi Penggunaan Listrik di Gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process*

Reynanda Bagus Widyo Astomo¹, Rudi Irmawanto², dan Vivin Wahyu Nabila³
^{1, 2, 3} Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jalan Raya Sutorejo No.59, Kota Surabaya. 60113
email: reynanda.bagus@um-surabaya.ac.id

Abstrak—Gedung 6 lantai merupakan salah satu sarana yang cukup banyak mengkonsumsi energi listrik. Dengan banyaknya fasilitas-fasilitas yang disediakan guna mendukung kegiatan operasional dalam gedung, maka diperlukan juga beban-beban yang menunjang semua kegiatan dalam suatu gedung bertingkat. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan audit energi untuk pencapaian efisiensi listrik menggunakan pendekatan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan objeknya berupa Gedung Laboratorium Terpadu, di kampus UMSurabaya. Sehingga dapat diketahui tingkat konsumsi energi di Laboratorium Terpadu UMSurabaya beserta peluang maupun solusi-solusi penghematan yang dapat direkomendasikan kepada pengguna gedung. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa berdasarkan data tahun 2023, nilai IKE menunjukkan penggunaan energi di laboratorium cukup boros, dengan nilai IKE > 18,5 setiap bulan. Implementasi solusi alternatif yang telah dirancang menggunakan metode AHP menunjukkan pengurangan jam kerja fasilitas dengan skor 0,395 adalah kebijakan yang efektif dan memberikan dampak terbesar terhadap penghematan energi di gedung laboratorium terpadu.

Kata kunci:AHP, audit energi, IKE

Abstract—A 6-levels building is a facility that consumes quite a lot of electrical energy. With so many facilities provided to support operational activities in a building, loads are also needed to support all activities in a multi-storey building. Based on these problems, an energy audit was carried out to achieve electrical efficiency using the AHP (*Analytical Hierarchy Process*) approach with the object being the Integrated Laboratory Building, on the UMSurabaya campus. So you can find out the level of energy consumption at the UMSurabay Integrated Laboratory along with opportunities and savings solutions that can be recommended to building users. From the research that has been carried out, it was found that based on 2023 data, the IKE value shows that energy use in the laboratory is quite wasteful, with an IKE value of > 18.5 every month. The implementation of alternative solutions that have been designed using the AHP method shows that reducing facility working hours with a score of 0.395 is an effective policy and has the greatest impact on energy savings in integrated laboratory buildings.

I. PENDAHULUAN

Saat ini, optimalisasi sistem transmisi listrik sering digunakan sebagai studi kasus dalam penggunaan energi. Tujuan utama dari kasus ini yaitu untuk meningkatkan efisiensi operasi dari pembangkit-pembangkit yang telah ada dan menghasilkan Biaya Pokok Penyediaan (BPP) yang lebih murah namun dengan kualitas energi yang sama. Oleh karena itu, semua pihak perlu melakukan efisiensi energy guna mengatasi masalah berkurangnya cadangan energi. salah satu metode yang dapat diimplementasikan dalam kasus meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik adalah konservasi energi. Konversi energi dapat diartikan sebagai penggunaan energi dengan efisiensi dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Upaya konservasi energi diterapkan pada seluruh tahap pemanfaatan, mulai dari pemanfaatan sumber daya energi hingga ada pada pemanfaatan terakhir dengan

menggunakan teknologi yang efisien dan membudayakan pola hidup hemat energi [1]. Proses konversi energi meliputi audit energi, yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan. Dengan menggunakan audit energi, maka pengguna dapat menentukan apa yang harus dilakukan agar pemakaian energinya bisa lebih hemat dan efektif. Audit energi pada bangunan gedung dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi dan peluang penghematan energi pada bangunan gedung tersebut. Sehingga penggunaan energi pada bangunan gedung dapat lebih efisien dan menghemat biaya operasional gedung [2].

Gedung 6 lantai merupakan salah satu sarana yang cukup banyak mengkonsumsi energi listrik. Dengan banyaknya fasilitas-fasilitas yang disediakan guna mendukung kegiatan operasional dalam gedung, maka diperlukan juga beban-beban yang menunjang semua kegiatan dalam suatu gedung bertingkat. Terlebih lagi terdapat beberapa gedung gedung

dengan alat dan mesin yang canggih, seperti yang ada di gedung laboratorium Terpadu, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya. Dengan banyaknya alat dan mesin penelitian, maka akan sangat memungkinkan terjadi konsumsi listrik yang sangat besar. Gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya adalah gedung dengan 6 lantai yang berisi peralatan dan mesin-mesin listrik milik Fakultas Teknik dan Fakultas Ilmu Kesehatan.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian yang bertemakan audit energi untuk pencapaian efisiensi listrik menggunakan pendekatan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan objeknya berupa Gedung Laboratorium Terpadu, di kampus UMSurabaya. Sehingga dapat diketahui tingkat konsumsi energi di Laboratorium Terpadu UMSurabaya beserta peluang maupun solusi-solusi penghematan yang dapat direkomendasikan kepada pengguna gedung.

II. STUDI PUSTAKA

a. Konservasi Energi

Konservasi energi atau penghematan energi merupakan penggunaan energi secara efisien dan teratur dengan tidak mengurangi penggunaan energy yang dibutuhkan dengan cara membudayakan pola hidup hemat energi maupun dengan menggunakan atau memasang peralatan-peralatan berteknologi dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan mendapatkan keuntungan [3]. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan salah satu ukuran hemat tidaknya suatu bangunan dalam memakai energi. IKE adalah pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m² per bulan atau kWh/m² per tahun) [4]. Energi yang dimaksud adalah energi listrik. Nilai IKE penting untuk dijadikan tolok ukur menghitung potensi penghematan energi yang mungkin diterapkan diseluruh area bangunan atau disetiap ruangan [5].

Perhitungan nilai IKE pada bangunan atau pada gedung bertingkat dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Tabel 1. Kriteria IKE Bangunan Gedung Ber-AC [5]

Kategori	IKE (kWh/m ² per bulan)
Sangat Efisien	IKE < 8,5
Efisien	8,5 ≤ IKE < 14
Cukup Efisien	14 ≤ IKE < 18,5
Boros	IKE ≥ 18,5

Tabel 2. Kriteria IKE Bangunan Gedung Tidak Ber-AC [5]

Kategori	IKE (kWh/m ² per bulan)
Sangat Efisien	IKE < 3,4
Efisien	3,4 ≤ IKE < 5,6
Cukup Efisien	5,6 ≤ IKE < 7,4
Boros	IKE ≥ 7,4

b. Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process atau AHP adalah metode untuk memecahkan suatu situasi yang kompleks tidak terstruktur kedalam beberapa komponen dalam susunan yang hirarki, dengan memberi nilai subjektif tentang pentingnya setiap variabel secara relatif, dan menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi guna mempengaruhi hasil pada situasi tersebut [6].

AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibandingkan dengan metode yang lain karena

alasan-alasan sebagai berikut: (1) Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam. (2) Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan. Dan (3) Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan [7].

c. Beban Gedung

1. Pencahayaan

Intensitas pencahayaan, diukur dalam satuan lux (lx), sekaligus merupakan salah satu parameter pencahayaan yang penting untuk dipertimbangkan dalam merancang dan mengatur sistem pencahayaan. Intensitas cahaya yang tepat dapat membantu meningkatkan kenyamanan, produktivitas, dan keamanan di suatu ruangan [8]. Persamaan intensitas cahaya ditunjukkan pada persamaan 2 di bawah.

$$Ep = \frac{I}{r^2} \quad (2)$$

Dimana Ep adalah intensitas penerangan di suatu titik P dari bidang yang diterangi, dinyatakan dalam satuan lux, I merupakan intensitas sumber cahaya dalam satuan candela, dan r menunjukkan jarak dari sumber cahaya ke titik P.

Luminous flux dapat didefinisikan sebagai tenaga yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu detik berbanding dengan pandangan sensitif mata manusia. Tingkat kuat penerangan (E) dinyatakan dalam satuan lux (lm/m²) [9]. Flux cahaya yang diperlukan untuk suatu luas bidang kerja, ditunjukkan pada persamaan 3.

$$\Phi = P \times K \quad (3)$$

Dimana Φ menunjukkan fluks cahaya (lm), P adalah daya lampu (Watt), dan K merupakan efikasi Cahaya (lm/Watt). Intensitas pencahayaan yang direkomendasikan bervariasi tergantung pada jenis ruangan dan aktivitas yang dilakukan di dalamnya.

Tabel 3. Aktifitas dan rekomendasi intensitas cahaya (Lux)

Aktivitas	Rekomendasi Intensitas Cahaya (Lux)
Ruang keluarga	100 - 200
Kamar tidur	50 - 100
Dapur	300
Kamar mandi	200
Ruang belajar	300 - 500
Kantor	400 - 500
Toko retail	500 - 1000
Ruangan industri	200 - 500
Lapangan olahraga	200 - 500

Tingkat pencahayaan dari suatu sistem pencahayaan dapat diperoleh dengan persamaan 4 dan 5.

$$F = \frac{A \times E}{CU \times MF} \quad (4)$$

$$N = \frac{F}{F1} \quad (5)$$

Dimana F: Jumlah cahaya yang diperlukan (lumen), A: luas ruang/bidang kerja (m²), CU: Koefisien penggunaan, MF: Faktor pemeliharaan, N: Jumlah lampu, F1: Nilai nominal luminous pada lampu, dan E: Tingkat pencahayaan, dalam lux (lumen/m²).

2. Sistem Tata Udara atau AC

Perhitungan kapasitas AC bertujuan untuk menentukan ukuran AC yang tepat untuk suatu ruangan.

Untuk mempermudah hubungan antara BTU/H dan PK pada suatu AC, berikut adalah konversi dari sistem daya AC tersebut: ½ pk setara dengan 5.000 BTU/hr, ¾ pk setara

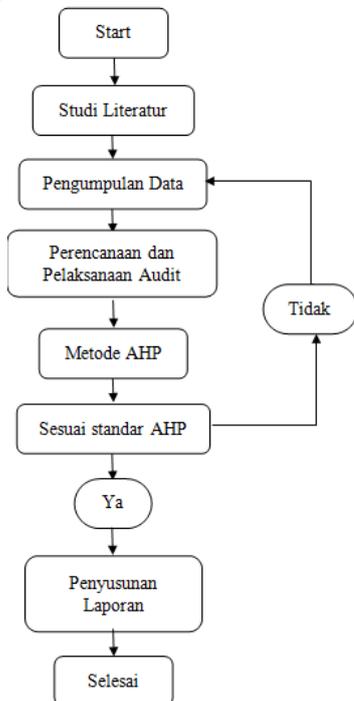
dengan 7.000 BTU/hr, 1 pk setara dengan 9.000 BTU/hr, 1 ½ pk setara dengan 12.000 BTU/hr, 2 pk setara dengan 18.000 BTU/hr, 2 ½ pk setara dengan 24.000 BTU/hr, dan 3 pk setara dengan 28.000 BTU/hr [10]. Sedangkan dalam menentukan nilai BTU dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Kebutuhan\ BTU = \frac{W \times H \times I \times L \times E}{60} \quad (6)$$

Dimana W merupakan panjang ruang (dalam *feet*), H menunjukkan tinggi ruang (dalam *feet*), I adalah nilai 10 jika ruang berinsulasi (berada di lantai bawah, atau berhimpit dengan ruang lain); Nilai 18 jika ruang tidak berinsulasi (di lantai atas), L merupakan lebar ruang (dalam *feet*), dan E menunjukkan nilai 16 jika dinding terpanjang menghadap utara; nilai 17 jika menghadap timur; nilai 18 jika menghadap selatan; dan nilai 20 jika menghadap barat.

III. METODE

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang digunakan sesuai dengan flowchart yang ada di gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir sistem penelitian

Dalam menentukan prioritas dengan penggunaan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*), diperlukan beberapa tahapan untuk menentukan bobot kriteria dan validitas (uji konsistensi antar kriteria).

(1) Menghitung Nilai Geometrik mean, (2) Membuat matrik perbandingan berpasangan dalam desimal, dan menentukan nilai Eigen value, (3) Menentukan Eigen Maksimum. Setelah mendapatkan nilai eigen value dan bobot prioritas, dapat dilanjutkan dengan menemukan nilai eigen maksimumnya, dan (4) Menghitung λ (lamda) maksimum, CI (*Consistency Index*) dan CR (*Consistency Ratio*).

$$\lambda_{max} = \frac{\sum(\text{Jumlah kolom matriks} \times \text{bobot prioritas})}{n} \quad (7)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

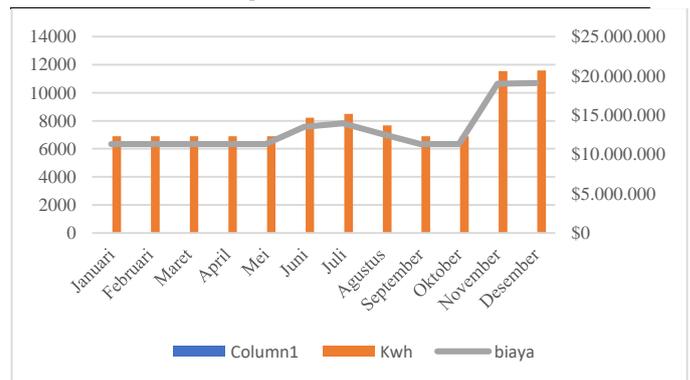
Nilai CR harus kurang dari 0,1 untuk bisa dikatakan hasil perhitungannya telah sesuai. Jika hasilnya masih belum sesuai, maka dapat kembali ke langkah observasi sampai standar AHP tercapai [11].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4 menunjukkan profil penggunaan energi listrik di Gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya berdasarkan tagihan listrik dengan besaran tarif L atau sama dengan Rp. 1.644,00/kWh selama periode bulan Januari hingga bulan Desember 2023.

Tabel 4. Tabel biaya dan kWh terpakai (Januari-Desember 2023)

Bulan	Biaya Listrik (Rp)	kWH Terpakai
Januari	Rp11.337.454	6894,1
Februari	Rp11.337.454	6894,1
Maret	Rp11.337.454	6894,1
April	Rp11.337.454	6894,1
Mei	Rp11.337.454	6894,1
Juni	Rp13.513.153	8217,1
Juli	Rp13.977.648	8499,5
Agustus	Rp12.629.060	7679,5
September	Rp11.337.454	6894,1
Oktober	Rp11.337.454	6894,1
November	Rp18.999.025	11552,9
Desember	Rp19.073.276	11598,1
Total	Rp157.554.340	95805,7
Rata-Rata	Rp. 13.129.528	7983,8



Gambar 2. Biaya dan kWh Terpakai

Berdasarkan grafik 2, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan tajam dalam biaya listrik pada bulan Desember, meskipun pemakaian listrik tidak mengalami perubahan yang sebanding. Hal ini dapat disebabkan oleh tarif listrik yang lebih tinggi pada bulan tersebut atau adanya biaya tambahan lain yang terkait dengan pemakaian listrik di bulan Desember.

Secara rata-rata, dapat diketahui bahwa pemakaian listrik di Gedung Laboratorium Terpadu, kampus UMSurabaya cukup besar dengan rata-rata *year to date* biaya tagihan listrik mencapai Rp. 13.129.528 dengan penggunaan kWh terpakai sebesar 7983,8 kWh.

a. Data Pemakaian Energi Listrik Per Luas Area

Beban listrik yang terpakai di Gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya terdiri dari beban listrik yang bersifat statis dan dinamis dimana beban listrik statis adalah beban yang memiliki sifat tetap, baik dari besar intensitas, waktu

kerja dan penggunaannya cenderung tetap, seperti lampu, AC, kompoter, kulkas dan lain sebagainya. Sedangkan beban listrik dinamis adalah beban yang memiliki sifat berubah-ubah menurut waktu dan pola operasional, sehingga dapat dikatakan besarnya beban mengikuti fungsi waktu misalnya motor listrik dan beban listrik lainnya yang memiliki sifat dinamis.

Tabel 5. Data Beban di Gedung Lab. Terpadu UMSurabaya

No	Lokasi	Jenis Peralatan Listrik	Daya (Watt)	Jumlah (Pcs)	Total Daya (Watt)
1		Lampu RM 300 M4	72	23	1656
2		Lampu RD 125	13	6	78
3		Lampu RD 150	18	6	108
4	Lantai 1	Lampu RD 3 HLG Baffle	50	7	350
5		Lampu EXIT green	8	2	16
6		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
7		AC 1 PK	800	1	800
8		Stopkontak	220	24	5280
9		Lampu RM 300 M4	72	23	1656
10		Lampu RD 125	13	6	78
11	Lantai 2	Lampu RD 150	18	15	270
12		AC 1 PK	800	8	6400
13		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
14		Stopkontak	220	24	5280
15		Lampu RM 300 ACR	72	23	1656
16		Lampu RD 125	13	6	78
17		Lampu RD 150	18	15	270
18	Lantai 3	Lampu SCB 32 ACR	32	1	32
19		AC 1 PK	800	8	6400
20		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
21		Stopkontak	220	24	5280
22		Lampu RM 300 ACR	72	23	1656
23		Lampu RD 125	13	6	78
24		Lampu RD 150	18	11	198
25	Lantai 4	Lampu SCB 32 ACR	32	1	32
26		AC 1 PK	800	6	4800
27		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
28		Stopkontak	220	24	5280
29		Komputer	200	24	4800
30		Lampu RM 300 M4	72	23	1656
31		Lampu RD 125	13	6	78
32	Lantai 5	Lampu RD 150	18	11	198
33		Lampu SCB 32 ACR	32	1	32
34		AC 1 PK	800	6	4800

No	Lokasi	Jenis Peralatan Listrik	Daya (Watt)	Jumlah (Pcs)	Total Daya (Watt)
35		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
36		Stopkontak	220	24	5280
37		Lampu RM 300 M4	72	23	1656
38		Lampu RD 125	13	6	78
39		Lampu RD 150	18	11	198
40	Lantai 6	Lampu SCB 32 ACR	32	1	32
41		AC 1 PK	800	6	4800
42		Ceiling Exhaust Fan	30	2	60
43		Stopkontak	220	24	5280
Total				461	74208

Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Nilai IKE dapat ditemukan dengan membagi total energi yang dikonsumsi oleh bangunan dalam satu tahun dengan total luas lantai kotor bangunan. Luas bangunan gedung Lab. Terpadu UMSurabaya adalah 265 m² maka perhitungan IKE nya seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Analisis Nilai IKE

Bulan	IKE	Keterangan
Januari	26,5 2	Boros
Februari	26,5 2	Boros
Maret	26,5 2	Boros
April	26,5 2	Boros
Mei	26,5 2	Boros
Juni	31,6 0	Boros
Juli	32,6 9	Boros
Agustus	29,5 4	Boros
September	26,5 2	Boros
Oktober	26,5 2	Boros
November	44,4 3	Boros
Desember	44,6 1	Boros

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} = \frac{95805,7}{260} = 368,5 \text{ kWh/m}^2\text{/tahun (Boros)}$$

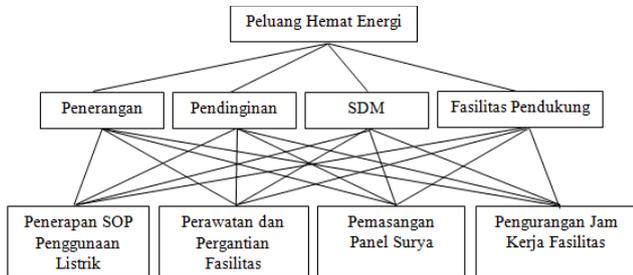
Berdasarkan hal di atas, maka kriteria IKE Bangunan Gedung Ber-AC Menurut Permen ESDM No.13 tahun 2012 dapat disimpulkan bahwa Gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya pada periode bulan Januari hingga Desember 2023 berada pada kriteria boros karena memiliki nilai IKE > 18,5.

b. Peluang Penghematan Menggunakan Metode AHP

AHP merupakan metode yang sangat berguna dalam mengidentifikasi peluang pada proses penghematan, karena

memungkinkan keputusan yang terstruktur dan berdasarkan bukti. Dengan menguraikan masalah menjadi bagian yang lebih kecil dan membandingkan alternatif secara sistematis, organisasi dapat membuat keputusan yang lebih baik dan lebih informatif untuk mencapai target penghematan yang diinginkan.

Dari data yang telah didapatkan, tahap berikutnya yaitu mengolah data tersebut dengan menggunakan metode AHP. Hasil AHP (output) berupa bobot dari faktor-faktor yang berpengaruh pada penentuan metode penghematan apa yang akan dilakukan.



Gambar 3. Struktur hirarki efisiensi penggunaan listrik Gedung Laboratorium Terpadu

Profil responden atau narasumber yang digunakan dalam analisis *Hierarchical Process* dalam penelitian ini terdiri dari berbagai latar belakang. Mayoritas responden adalah mahasiswa, dengan jumlah sebanyak 8 orang. Selain itu, terdapat 1 orang laboran dan 1 orang dosen yang turut berpartisipasi dalam proses pengumpulan data ini.



Gambar 4. Profil responden dalam proses AHP

Sebelum menghitung nilai matriks perbandingan kriteria, terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai geomean untuk mendapatkan hasil yang diperoleh dari beberapa responden.

Tabel 7. Perhitungan Geomean Responden

Responden	Lampu vs AC	Lampu vs SDM	Lampu vs FP	AC vs SDM	AC vs FP	SDM vs FP
1	0,333	5	5	5	5	1
2	1	1	1	1	1	5
3	0,111	0,143	0,111	0,2	0,143	0,143
4	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143
5	1	1	1	1	1	1
6	7	0,2	5	5	5	5
7	1	1	1	0,333	0,333	3
8	0,111	9	7	7	5	0,111
9	1	7	0,333	5	1	0,143
10	0,2	0,111	0,143	0,333	1	1
GEOMEAN	0,49	0,82	0,82	1,11	0,98	0,69

Tabel 8. Matriks Perbandingan Berpasangan

Prioritization Matrix	Penerangan	Pendinginan	SDM	Fasilitas Penunjang	Bobot Prioritas	Eigen Maks
Penerangan	1	0,49	0,82	0,82	0,187	4,034
Pendinginan	2,034	1	1,11	0,98	0,300	4,047
SDM	1,215	0,9029	1	0,69	0,228	4,045
Fasilitas Penunjang	1,224	1,0163	1,4503	1	0,285	4,037

Hasil dari tabel 7 sudah dapat dimasukkan ke dalam matriks perbandingan berpasangan dan bobot prioritasnya diperoleh dari rata rata penjumlahan setiap kriteria.

Nilai lamda maksimum (λ_{maks}) didapatkan yaitu sebesar 4,04. Sedangkan nilai *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* dapat dicari sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,04 - 4}{4 - 1} = 0.013$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.013}{0.9} = 0.015$$

Nilai CR yang didapatkan adalah 0,015. Hal ini menunjukkan bahwa matriks ini konsisten karena nilai $CR < 0,1$. Jadi, hasil analisis ini dapat dianggap valid dan matriks perbandingan berpasangan yang digunakan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

Perbandingan Kriteria Penerangan dengan Alternatif

Tabel 9. Nilai Geomean Responden

Responden	A vs B	A vs C	A vs D	B vs C	B vs D	C vs D
1	0,2	0,2	0,2	0,2	5	5
2	1	1	1	1	1	1
3	0,143	0,111	0,2	0,333	0,143	0,2
4	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143
5	1	1	1	1	1	1
6	5	3	5	3	5	3
7	0,111	3	0,111	3	0,333	0,333
8	3	0,143	5	0,2	1	0,111
9	0,143	0,143	0,143	0,2	0,2	1
10	0,143	0,143	0,143	0,2	1	1
GEOMEAN	0,46	0,44	0,51	0,53	0,69	0,63

Tabel 10. Matriks Perbandingan Berpasangan, Nilai Prioritas dan Nilai Eigen

Penerangan	Penerapan SOP Penggunaan Listrik	Perawatan dan Pergantian Fasilitas	Pemasangan Panel surya	Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	Bobot Prioritas	Eigen Maks
Penerapan SOP Penggunaan Listrik	1	0,46	0,44	0,51	0,134	4,062
Perawatan dan Pergantian Fasilitas	2,1613	1	0,53	0,69	0,223	4,065
Pemasangan Panel surya	2,2875	1,8788	1	0,63	0,301	4,123
Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	1,9671	1,456	1,5846	1	0,342	4,113

Nilai lamda maksimum (λ_{maks}) didapatkan yaitu sebesar 4,09. Sedangkan nilai *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* dapat dicari sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,09 - 4}{4 - 1} = 0.03$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.03}{0.9} = 0.034$$

Nilai *Consistency Ratio* yang didapatkan adalah 0,034; yang menunjukkan bahwa matriks ini konsisten karena nilai $CR < 0,1$. Jadi, hasil analisis ini ideal dan dianggap valid karena dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

Perbandingan Kriteria Pendinginan dengan Alternatif

Nilai lamda maksimum (λ_{maks}) yang didapatkan dari kasus ini yaitu sebesar 4,114. Sedangkan nilai *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* dapat dicari sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.114 - 4}{4 - 1} = 0.038$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.038}{0.9} = 0.042$$

Nilai *Consistency Ratio* yang didapatkan adalah 0,042; yang menunjukkan bahwa matriks ini konsisten karena nilai

CR < 0,1. Jadi, hasil analisis ini ideal dan dianggap valid karena dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

Tabel 11. Matriks Perbandingan Berpasangan dan Nilai Prioritas

	Penerapan SOP Penggunaan Listrik	Perawatan dan Pergantian Fasilitas	Pemasangan Panel surya	Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	Bobot Prioritas	Eigen Maks
Pendinginan						
Penerapan SOP Penggunaan Listrik	1	0,31	0,60	0,34	0,115	4,056
Perawatan dan Pergantian Fasilitas	3,2681	1	0,74	0,48	0,238	4,120
Pemasangan Panel surya	1,6629	1,3511	1	0,47	0,225	4,156
Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	2,9772	2,082	2,1409	1	0,422	4,123

Perbandingan Kriteria SDM dengan Alternatif

Tabel 12. Matriks Perbandingan Berpasangan dan Nilai Prioritas

	Penerapan SOP Penggunaan Listrik	Perawatan dan Pergantian Fasilitas	Pemasangan Panel surya	Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	Bobot Prioritas	Eigen Maks
SDM						
Penerapan SOP Penggunaan Listrik	1	0,37	0,64	0,43	0,129	4,172
Perawatan dan Pergantian Fasilitas	2,7329	1	0,43	0,39	0,196	4,189
Pemasangan Panel surya	1,5711	2,332	1	0,36	0,236	4,450
Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	2,3323	2,584	2,8103	1	0,438	4,358

Nilai lamda maksimum (λ_{maks}) yang didapatkan dari kasus ini yaitu sebesar 4,292. Sedangkan nilai *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* dapat dicari sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,292 - 4}{4 - 1} = 0,097$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,097}{0,9} = 0,108$$

Nilai *Consistency Ratio* yang didapatkan adalah 0,108; yang menunjukkan bahwa matriks ini konsisten karena nilai CR > 0,1. Namun, hasil analisis ini masih dapat dianggap valid dan matriks perbandingan berpasangan yang digunakan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan karena CR masih berada di bawah 0,30.

Perbandingan Kriteria Fasilitas Penunjang – Alternatif

Nilai lamda maksimum (λ_{maks}) yang didapatkan dari kasus ini yaitu sebesar 4,176. Sedangkan nilai *Consistency Index* dan *Consistency Ratio* dapat dicari sebagai berikut.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,176 - 4}{4 - 1} = 0,059$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,059}{0,9} = 0,065$$

Nilai *Consistency Ratio* yang didapatkan adalah 0,065; yang menunjukkan bahwa matriks ini konsisten karena nilai CR < 0,1. Jadi, hasil analisis ini ideal dan dianggap valid karena dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

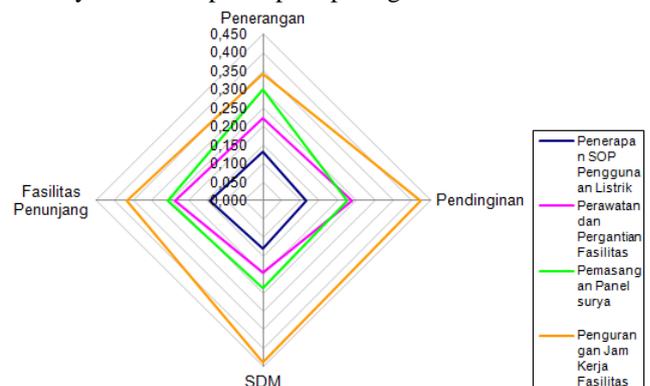
Tabel 13. Matriks Perbandingan Berpasangan dan Nilai Prioritas

Fasilitas Penunjang	Penerapan SOP Penggunaan Listrik	Perawatan dan Pergantian Fasilitas	Pemasangan Panel surya	Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	Bobot prioritas	Eigen Maks
Penerapan SOP Penggunaan Listrik	1	0,37	0,61	0,55	0,143	4,107
Perawatan dan Pergantian Fasilitas	2,7097	1	0,58	0,58	0,236	4,162
Pemasangan Panel surya	1,631	1,7247	1	0,51	0,255	4,244
Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	1,8254	1,7262	1,949	1	0,366	4,190

Tabel 14. Hasil Perhitungan Skor Final AHP

Summary	Penerangan		Pendinginan		SDM		Fasilitas Penunjang		Final Score
	Weighting	Score	Weighting	Score	Weighting	Score	Weighting	Score	
Penerapan SOP Penggunaan Listrik	0,187	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,130
Perawatan dan Pergantian Fasilitas	0,128	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,225
Pemasangan Panel surya	0,133	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,250
Pengurangan Jam Kerja Fasilitas	0,130	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,395

Berdasarkan tabel dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pengurangan jam kerja fasilitas dengan skor 0,395 adalah kebijakan yang paling efektif dan memberikan dampak terbesar terhadap penghematan energi, diikuti oleh pemasangan panel surya dan perawatan serta pergantian fasilitas. Penerapan SOP penggunaan listrik meskipun memiliki dampak positif, namun memberikan kontribusi yang lebih kecil dibandingkan dengan kebijakan lainnya. Bila pernyataan ini diplot ke dalam grafik radar hasilnya akan nampak seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik radar yang menunjukkan relasi terhadap masing-masing kriteria yang telah dipetakan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa berdasarkan data tahun 2023, nilai IKE menunjukkan bahwa penggunaan energi di laboratorium cukup boros, dengan nilai IKE > 18,5 setiap bulan. Hal ini mengindikasikan bahwa bangunan tersebut berada dalam kategori boros energi (menurut Permen ESDM No. 13 tahun 2012). Secara keseluruhan, hasil audit energy juga menunjukkan bahwa bangunan gedung Laboratorium Terpadu UMSurabaya memiliki potensi besar untuk penghematan energi. Implementasi solusi alternatif yang telah dirancang menggunakan metode AHP menunjukkan tindakan pengurangan jam kerja fasilitas dengan skor 0,395 merupakan kebijakan yang efektif dan memberikan dampak terbesar terhadap penghematan energi di gedung laboratorium terpadu.

REFERENSI

- [1] Adi AC. Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [Internet]. 2024; Available from: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- [2] Santoso AH, Hermawan A, Hariyanto S. Analisis Audit Energi Terhadap Intensitas Konsumsi Energi Listrik Sistem Pencahayaan dan Sistem Penyimpanan Ikan di Cold Storage Kabupaten Malang. ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan. 2021;Vol. 09:N0. 2.
- [3] Machmud A. Audit Energi Dan Peluang Konservasi Energi Listrik Di Pt. Arelsi Karya Sejahtera. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia; 2019.
- [4] Ramadhon AD. AUDIT ENERGI DAN ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGI DI PT. HARMONI PUTRA SOLUSINDO SEMARANG. Semarang: Universitas Semarang; 2021.
- [5] Fauzi A. AUDIT MANAJEMEN ENERGI MENGGUNAKAN PENDEKATAN AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS) UNTUK PENGHEMATAN ENERGI (Studi Kasus: PT. MIFA BERSAUDARA Kapasitas 2500kVA). Surabaya: Universitas Muhammadiyah Surabaya; 2021.
- [6] Lambey DS, Amin N, Pirade YS, Santoso R. ANALISIS KONSUMSI ENERGI LISTRIK UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI ENERGI DI KANTOR DEWAN PERWAKILAN RAKYAT DAERAH KABUPATEN TOJO UNA-UNA. Jurnal Ilmiah FORISTEK. 2021 Oktober;11.
- [7] Pudjanarsa A, Nursuhut D. Mesin Konversi Energi. Yogyakarta; 2013.
- [8] Hakim MF, Hermawan A, Kurniawan F, Habsari KM. Audit Energi dan Rekomendasi Penghematan Energi Listrik di Gedung Rumah Sakit. ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan. 2023;10 no. 2.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung, Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung dan Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Bangunan Gedung (SNI 03-6196-2000, SNI 03- 6090-2000, SNI 03-6197-2000). 2012.
- [10] Parhusip J. Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Desain Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Calon Penerima Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT) Di Kota Palangka Raya. Jurnal Teknologi Informasi. 2019;Vol 13:No 02.
- [11] SNI 6196-2011. Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung. 2011.