

ANALISIS AUDIT ENERGI UNTUK PELUANG PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGI DI GEDUNG FT MIPA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG DENGAN PENDEKATAN METODE ANP

Muhammad Ghanif Rifai, Said Sunardiyo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,

Universitas Negeri Semarang

rifaighanif@students.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/bte.v1i1.313>

QRCBN 62-6861-4195-455

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peluang penghematan konsumsi energi di Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang melalui audit energi dengan pendekatan metode *Analytic Network Process* (ANP). Data diperoleh melalui pengukuran langsung konsumsi energi dan pencahayaan serta data historis pemakaian listrik. Perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) menunjukkan bahwa gedung secara umum berada dalam kategori efisien, namun banyak ruangan memiliki nilai IKE tinggi dan tergolong boros. Empat alternatif konservasi energi diidentifikasi: pelatihan sumber daya manusia, efisiensi tata udara, panel surya, dan *smart energy system*. Evaluasi menggunakan metode ANP dan perangkat lunak Super Decisions menunjukkan bahwa *smart energy system* merupakan alternatif paling prioritas dengan bobot tertinggi (0,38060), disusul pelatihan SDM, efisiensi tata udara, dan panel surya. Hasil ini menunjukkan pentingnya pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan energi gedung. Rekomendasi dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung kebijakan efisiensi energi di sektor pendidikan serta menjadi acuan perencanaan strategis penghematan energi secara berkelanjutan.

Kata Kunci: ANP, Audit energi, efisiensi energi, IKE, *smart energy system*.

PENDAHULUAN

Pemerintah memiliki komitmen yang tegas dalam melakukan proses konservasi energi pada bangunan-bangunan di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan adanya rencana pengelolaan energi untuk memenuhi kebutuhan energi nasional berdasarkan kebijakan pengelolaan energi jangka panjang dalam bentuk Undang-Undang maupun Peraturan Pemerintah dan Menteri terkait seperti Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi, Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi, Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik dengan target penghematan tata cara penghematan, gugus tugas pengawasan dan juga pelaporan (Despa et al., 2021). Saat ini energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan manusia untuk mendukung aktivitasnya. Era industri 4.0 ini menuntut manusia untuk bisa mengikuti zaman. Hal ini juga mengakibatkan peningkatan dalam penggunaan energi listrik. Di Indonesia sendiri, terjadi peningkatan konsumsi energi listrik per kapita pada 2023 yang mencapai 1.285 kWh dibandingkan 1.173 kWh pada 2022 (KESDM, 2024). Upaya dalam mencapai efisiensi energi suatu bangunan dapat melalui proses audit energi. Audit energi adalah proses mengevaluasi pemanfaatan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan energi serta merekomendasikan peningkatan efisiensi penggunaan energi dalam rangka konservasi energi (Putra, 2024).

Rahma Maulida et al. (2018) menyatakan bahwa “RS Medirossa merupakan salah satu pusat layanan kesehatan di Kota Cikarang yang dalam operasionalnya tidak hanya berfokus pada pelayanan publik yang baik namun juga memperhatikan kenyamanan lingkungan serta kelengkapan fasilitas bagi masyarakat”. Salah satu faktor yang menentukan kenyamanan pusat layanan Kesehatan adalah intensitas pencahayaan ruangan yang baik, untuk mengetahui apakah

pencahayaan di Gedung tersebut benar kurang dari Standar Nasional Indonesia (SNI 6197:2011) maka perlu dilakukan pengukuran intensitas penerangan menggunakan alat ukur serta perhitungan dan analisis nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi), jika nilai IKE di bawah standar pencahayaan yang berlaku maka dapat dilanjutkan dengan upaya perbaikan pencahayaan”. Wahyu Sujatmiko (2008) menyatakan bahwa “Audit energi dan survei energi adalah cara mengetahui penggunaan energi pada suatu area”. Memakai cara ini dapat diidentifikasi penggunaan energi serta biayanya, yang mana pemantauan dan pengaturan biaya serta pengaturan biaya serta pemakaian energi dapat diterapkan dan ditinjau lagi”.

Putra (2024) menyatakan bahwa “Masalah utama yang umum dalam mengaudit suatu gedung adalah pemborosan, untuk mencegah pemborosan tersebut maka dilakukan audit energi, dengan metode melakukan pengukuran langsung intensitas cahaya lampu (lux) menggunakan alat luxmeter dan pembacaan langsung logsheet chiller. Metode penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif menggunakan data primer dan sekunder, dengan tujuan penelitian menentukan nilai IKE, menganalisa sistem cahaya dan pendingin, dan analisa peluang penghematan energi”. Rizkani & Ciptomulyono (2012) menyatakan bahwa “Energi merupakan salah satu faktor penting dalam operasional sebuah industri, khususnya rumah sakit. Industri rumah sakit merupakan salah satu industri yang memiliki tingkat ketergantungan tinggi terhadap kebutuhan energi untuk operasional usahanya. Kebutuhan energi yang tinggi menuntut manajemen rumah sakit melakukan efisiensi dalam penggunaannya. Sehingga diperlukan upaya konservasi untuk mencapai tujuan efisiensi. Audit energi merupakan salah satu cara untuk mengetahui apakah tingkat pemakaian energi di rumah sakit masuk dalam kategori boros atau efisien”.

Aulia Shidqi et al. (2023) menyatakan bahwa “Trio Plaza Magelang adalah sebuah pusat perbelanjaan yang menjual kebutuhan rumah tangga. Audit energi dalam penelitian ini difokuskan pada sistem pencahayaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat konsumsi energi listrik dan memilih rekomendasi terbaik untuk peluang penghematan listrik. Hasil dari audit konsumsi energi listrik di Trio Plaza Magelang menunjukkan bahwa total konsumsi energi untuk

beban sistem pencahayaan adalah sebesar 7.480 kWh/bulan, dan untuk beban peralatan pendukung sebesar 18.316 kWh/bulan, sehingga total konsumsi energi di Trio Plaza mencapai 25.796 kWh/bulan. Penghematan energi dilakukan dengan menggunakan metode ANP-PROMETHEE". Ruang kuliah Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang digunakan kurang lebih 10 jam setiap hari dan terdapat pencahayaan alami dari jendela ruangan yang belum diketahui sesuai dengan Standar Nasional Indonesia seperti SNI 03-6196-2000 standar audit energi untuk bangunan gedung atau tidak. Maka dari itu penelitian ini akan dilakukan audit energi pada ruang kuliah Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang.

Audit energi merupakan langkah awal dalam melaksanakan pencatatan data-data pemakaian energi, mengidentifikasi sumber-sumber pemborosan energi dan analisis kemungkinan yang dapat dilakukan dalam pengematan energi, serta pembuatan perhitungan atas langkah-langkah yang diperlukan. Audit energi bertujuan mengetahui seberapa besar penggunaan energi yang digunakan dan mencari upaya peningkatan efisiensi energi. Hasil dari audit adalah laporan tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan penggunaan energi, terutama tentang bagian yang mengalami pemborosan energi.

METODE

Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan salah satu ukuran hemat tidaknya suatu bangunan dalam memakai energi. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m^2 per bulan atau kWh/m^2 per tahun) energi yang dimaksud adalah energi listrik. nilai IKE penting untuk dijadikan tolak ukur menghitung potensi penghematan energi yang mungkin diterapkan diseluruh area bangunan atau disetiap ruangan. Pemakaian Tenaga Listrik mempunyai kriteria penggunaan energi digedung perkantoran berdasarkan konsumsi energi spesifik ($\text{kWh/m}^2/\text{bulan}$). Perhitungan Instensitas konsumsi energi digunakan untuk

membandingkan intensitas konsumsi energi Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang dengan standar IKE yang telah ditentukan pemerintah pusat. Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk gedung perkuliahan di Indonesia tidak diatur secara spesifik dalam peraturan perundang-undangan yang tersedia. Namun, secara umum, standar IKE di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi di Gedung Pemerintah. Permen ini menetapkan kriteria IKE berdasarkan jenis penggunaan gedung dan penggunaan pendingin udara (AC).

Analytic Network Proses (ANP)

Dikembangkan oleh *Thomas L. Saaty*, pencipta AHP (Analytic Hierarchy Process). Merupakan pengembangan dari AHP yang memungkinkan adanya interaksi dan ketergantungan antar elemen (baik kriteria maupun alternatif). ANP menggunakan struktur jaringan (network), bukan hirarki seperti AHP. Prosesnya melibatkan:

1. Penyusunan jaringan keputusan (cluster dan elemen yang saling berhubungan),
2. Perbandingan berpasangan antar elemen,
3. Perhitungan bobot (prioritas lokal dan global),
4. Supermatrix untuk menggabungkan semua pengaruh.

Konsep Utama dalam ANP

Dalam pengambilan keputusan multikriteria yang kompleks, Analytic Network Process (ANP) merupakan pendekatan yang efektif karena mampu mengakomodasi hubungan yang saling memengaruhi (interdependensi) dan adanya umpan balik (feedback) antar elemen dalam sistem. Berbeda dengan Analytic Hierarchy Process (AHP) yang bersifat hierarkis dan linier, ANP menawarkan struktur jaringan (network) yang lebih fleksibel dan realistis dalam merepresentasikan permasalahan dunia nyata. Pada dasarnya, ANP menyusun elemen-elemen keputusan ke dalam cluster, di mana masing-masing cluster dapat berisi kriteria, subkriteria, ataupun alternatif. Setiap elemen dalam cluster tidak hanya

berdiri sendiri, tetapi juga dapat saling berinteraksi. Interaksi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu inner dependence (ketergantungan antar elemen dalam satu cluster) dan outer dependence (ketergantungan antar elemen dari cluster yang berbeda). Kemampuan ANP untuk memodelkan hubungan semacam ini menjadikannya unggul dalam menangani permasalahan yang tidak bisa dipecahkan secara linier.

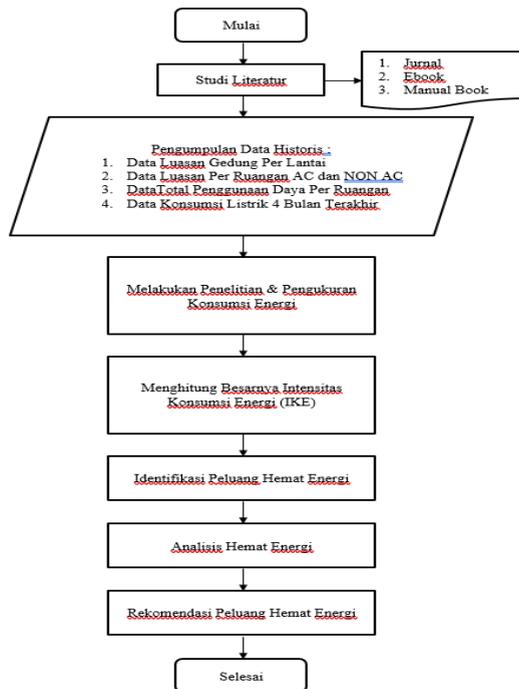
Sebagaimana dalam AHP, ANP juga menggunakan teknik perbandingan berpasangan (pairwise comparison) untuk mengevaluasi kepentingan relatif antar elemen. Setiap elemen dibandingkan dua per dua berdasarkan penilaian subjektif pengambil keputusan, menggunakan skala intensitas 1 hingga 9. Proses ini menghasilkan bobot lokal yang mencerminkan tingkat pengaruh satu elemen terhadap elemen lainnya. Inti dari metode ANP terletak pada pembentukan supermatrix, yaitu sebuah matriks besar yang mengakomodasi semua pengaruh antar elemen dalam sistem. Supermatrix ini terdiri dari tiga bentuk utama. Pertama, unweighted supermatrix, yang menyimpan seluruh hasil perbandingan berpasangan tanpa memperhatikan bobot antar cluster. Kedua, weighted supermatrix, yang telah disesuaikan dengan bobot dari masing-masing cluster sehingga menjadi matriks yang bersifat stochastic (jumlah nilai dalam setiap kolom bernilai satu). Ketiga, limit supermatrix, yang dihasilkan dari proses pemangkatan weighted supermatrix hingga mencapai kestabilan atau konvergensi. Nilai-nilai dalam limit supermatrix mencerminkan prioritas global dari setiap elemen dalam jaringan, yang kemudian digunakan untuk mengambil keputusan akhir. Dengan demikian, ANP tidak hanya memperluas pendekatan AHP, tetapi juga memberikan kerangka yang lebih komprehensif untuk memodelkan permasalahan kompleks dengan struktur hubungan yang dinamis dan saling terkait.

Analisis Peluang Hemat Energi (PHE)

Adalah cara yang mungkin bisa diperoleh dalam usaha mengurangi pemborosan energi. Identifikasi peluang hemat energi apabila besarnya IKE hasil penghitungan ternyata sama atau kurang dari IKE target, maka kegiatan audit energi rinci

dapat dihentikan atau diteruskan untuk memperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Bila hasilnya lebih dari IKE target, berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci berikutnya guna memperoleh penghematan energi.

Kerangka Berpikir



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Dari flowchart di atas dijelaskan bahwa peneliti melakukan kajian pustaka untuk memahami konsep-konsep dasar terkait audit energi, IKE, metode pengukuran energi, dan teknik konservasi energi. Yang bersumber dari : (Jurnal, Ebook, Manual Book). Pengumpulan data awal yang dikumpulkan dari dokumen atau laporan teknisi gedung yaitu luasan gedung per lantai, luasan ruangan ber-AC dan non-AC, total daya listrik terpasang per ruangan dan konsumsi listrik 4 bulan terakhir (dari tagihan PLN atau sistem monitoring internal). Melakukan penelitian & pengukuran konsumsi energi pengambilan data primer dilakukan secara langsung di lapangan. Hasil data

tersebut digunakan untuk menghitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Hasil ini dibandingkan dengan standar IKE nasional (misalnya dari Kementerian ESDM). Identifikasi Peluang Hemat Energi Menentukan area, peralatan, atau perilaku pengguna yang berpotensi menyebabkan pemborosan energi. Penulis dapat memberikan rekomendasi peluang hemat energi kepada teknisi dan manajerial berdasarkan hasil audit, misalnya penggantian lampu dengan LED, penggunaan timer pada AC, atau kampanye kesadaran hemat energi.

Pendekatan, Jenis, dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan jenis penelitian analitik. Prosedur diawali dengan audit energi gedung, identifikasi peluang penghematan energi, penilaian saling ketergantungan antar faktor, dan analisis keputusan menggunakan metode ANP (*Analytic Network Process*) untuk menentukan strategi prioritas penghematan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah di Gedung Fakultas Teknik dan MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang. Penelitian dilakukan antara November 2024 hingga April 2025. Gedung FT MIPA terdapat 9 lantai sedangkan pada area luar gedung terdapat power house dan rumah pompa.

Subjek Penelitian/Sampel dan Populasi

Populasi adalah seluruh sistem kelistrikan dan penggunaan energi di Gedung FT MIPA. Sampel fokus pada beban-beban energi signifikan seperti sistem tata udara, pencahayaan, dan laboratorium.

Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

1. Variabel utama: Peluang penghematan energi.
2. Definisi operasional: Peluang penghematan diukur dari potensi penurunan konsumsi energi (kWh) dengan mempertimbangkan pengaruh biaya dan dampak

lingkungan.

3. Variabel penunjang: saling ketergantungan antar faktor penghematan (misalnya: penggantian alat, pengaturan operasional, perilaku pengguna).

Data dan Sumber Data

Data primer berasal dari hasil observasi dan pengukuran langsung di lapangan. Data sekunder diperoleh dari dokumen konsumsi energi bulanan dan rencana operasional fasilitas gedung.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data mencakup observasi lapangan, pengukuran parameter teknis (arus, tegangan, daya), serta wawancara dengan staf teknis. Data digunakan untuk pemodelan jaringan dalam metode ANP.

Teknik Keabsahan Data

Keabsahan data dijamin melalui cross-check antara hasil pengukuran, catatan historis, serta validasi ahli (expert judgment) dalam penyusunan model ANP.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan melalui:

1. Identifikasi dan evaluasi beban energi.
2. Penentuan elemen dan cluster dalam model ANP (alternatif, kriteria, subkriteria).
3. Penyusunan supermatrix dan perhitungan bobot untuk menentukan alternatif prioritas penghematan energi

PEMBAHASAN

Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi

Perhitungan Intensitas konsumsi energi digunakan untuk membandingkan intensitas konsumsi energi Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang dengan standart IKE yang telah di tentukan pemerintah pusat. Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk gedung perkuliahan di

Indonesia tidak diatur secara spesifik dalam peraturan perundang-undangan yang tersedia. Namun, secara umum, standar IKE di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi di Gedung Pemerintah. Permen ini menetapkan kriteria IKE berdasarkan jenis penggunaan gedung dan penggunaan pendingin udara (AC).

Tabel 1. Kriteria IKE berdasarkan jenis penggunaan gedung:

Kriteria (kWh/m ² /bulan)	Gedung Ber- AC	Gedung Tanpa AC
Sangat Efisien	≤ 8,5	≤ 3,4
Efisien	8,5 – 14	3,4 – 5,6
Cukup Efisien	14 – 18,5	5,6 – 7,4
Boros	≥18,5	≥7,4

Audit energi awal

Data historis pemakaian listrik selama 6 bulan terakhir didapatkan melalui histori pembayaran listrik melalui *PLN Mobile*. Untuk menentukan Standar Intensitas Konsumsi Energi awal membutuhkan data berupa data pemakaian listrik selama beberapa periode bulan dan luas bangunan gedung FT MIPA.

Tabel 2. Konsumsi Energi Listrik Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang.

No	Periode		KWh
	Bulan	Tahun	
1	November	2024	173749,0
2	Desember	2024	157075,0
3	Januari	2025	137902,0
4	Februari	2025	118325,0
5	Maret	2025	108931,0
6	April	2025	126230,0

Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang memiliki luas tanah 2.181,84 m² dengan jumlah lantai 8 sehingga gedung FT MIPA memiliki luas bangunan 17.454,72 m², luas ruangan dalam gedung (*room*) sebesar 15.741,34 m² dan luas bangunan (*non room*) sebesar 1.713,38 m².

Tabel 3. Luas Bangunan Gedung Per Lantai

No	Area	Luas (Room)	Bangunan	Jumlah Ruangan
1	Lantai 1	2084 m ²		35
2	Lantai 2	1926,96 m ²		50
3	Lantai 3	1946,70 m ²		44
4	Lantai 4	1920,21 m ²		43
5	Lantai 5	1965,20 m ²		41
6	Lantai 6	1929,63 m ²		50
7	Lantai 7	1977,07 m ²		43
8	Lantai 8	1991,57 m ²		43
Total		15.741,34 m ²		353

Dari data data di atas maka dapat dilakukan perhitungan nilai Instensitas Konsumsi Energi menggunakan rumus:

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian Energi Listrik (KWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}}$$

Untuk hasil perhitungan nilai IKE pada periode bulan November 2024 sampai April 2025 dapat dilihat dari table dibawah ini.

Tabel 4. Nilai IKE Gedung FT MIPA periode bulan November 2024 - April 2025

Periode		Konsumsi Listrik (KWh)	Nilai IKE (KWh/m ² /bulan)
Bulan	Tahun		
November	2024	173749,0	11.03
Desember	2024	157075,0	9.97
Januari	2025	137902,0	8.76
Februari	2025	118325,0	7.51

Maret	2025	108931,0	6.92
April	2025	126230,0	8.01

Dari tabel di atas dapat dilihat nilai IKE pada periode bulan November 2024 sampai bulan Januari 2025 Intensitas Konsumsi Energi gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi di Gedung Pemerintah termasuk dalam kategori efisien. Namun terjadi penurunan konsumsi energi pada bulan Februari dan Maret dikarenakan adanya libur yaitu libur awal bulan Ramadhan dan libur lebaran. Pada bulan April terjadi kenaikan konsumsi energi walaupun pada awal bulan terdapat 1 minggu libur yaitu libur dan cuti bersama Idul Fitri. Walaupun nilai IKE pada gedung FT MIPA sudah masuk dalam kategori efisien, namun jumlah tagihan listrik PLN yang harus dibayarkan cukup tinggi. Sehingga perlu dilakukan audit secara mendetail untuk mengurangi penggunaan energi yang tidak diperlukan.

Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Ruangan

Audit secara mendetail dilakukan dengan cara mengukur nilai IKE pada setiap ruangan yang terdapat di gedung FT MIPA sehingga dapat diketahui jumlah konsumsi energi setiap ruangan, tingkan efisiensi penggunaan energi listrik dan perilaku manusia dalam pemanfaatan energi listrik. Data data yang dibutuhkan untuk mengukur nilai IKE ruangan adalah fasilitas yang dimiliki dalam ruangan seperti AC, dispenser, TV, computer. Dari fasilitas tersebut diambil data jumlah fasilitas, daya yang digunakan, lama pemakaian dalam sebulan dan luas ruangan. Sebagai contoh menghitung nilai IKE suatu ruangan yang ada pada gedung FT MIPA, yaitu ruang Building dan Maintenance yang berada pada lantai 1.

Tabel 5. Fasilitas pada Ruang Building dan Maintenance

Fasilitas	Jumlah	Daya (watt)	Waktu (Jam)	Penggunaan
AC (2PK)	1	1800	12	
Komputer	1	600	12	
Printer	1	45	2	

Lampu TL	6	18	12
Dispenser	1	420	12

Table 6. Perhitungan konsumsi energi Ruang Building dan Maintenance

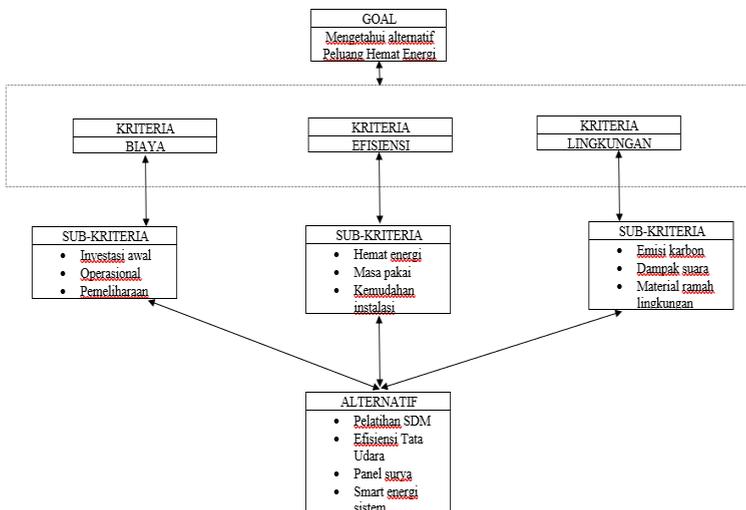
Fasilitas	Perhitungan Energi Perbulan (Watt)	Konsumsi kWh	Total kWh
AC (2PK)	1800 x 12 x 24		475.200
Komputer	600 x 12 x 24		172.800
Printer	45 x 2 x 24		2.160
Lampu TL	108 x 12 x 26		33.696
Dispenser	70 x 12 x 30		50.400
Total KWh/Bulan			732.096

Table 7. Perhitungan konsumsi energi Ruang Building dan Maintenance

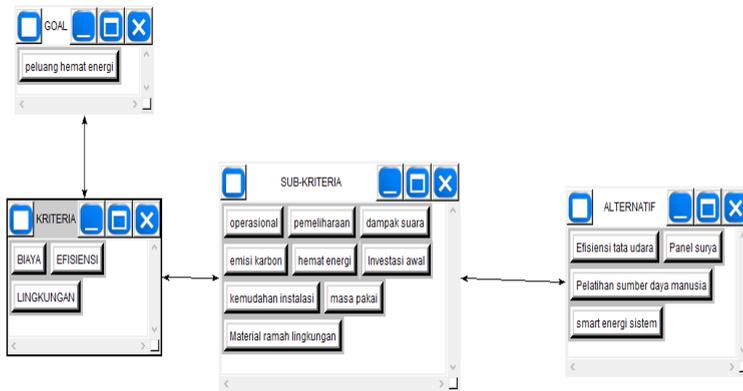
Ruangan	Total Penggunaan Daya (kWh)	Luas Ruangan (m ²)	IKE (kWh/m ²)	Kategori
Ruang Building dan Maintenance	732096	39.28	18.6378819	Boros
Ruang Panel It 1 A	393120	10.29	38.2040816	Boros
Ruang Panel It 1 B	393120	9.67	40.6535677	Boros
Ruang Panel It 2 A	478656	10.29	46.5166181	Boros
Ruang Panel It 2 B	392256	9.67	40.5642192	Boros
Lab Sistem Cerdas dan Visi	3433056	56.97	60.2607688	Boros
Lab Jaringan				
Arsitektur Jaringan Komputer	3433056	56.97	60.2607688	Boros
Lab Algoritma dan Pemograman	6565728	99.53	65.9673264	Boros
Lab Manajemen Database Kesehatan dan Medis	6565728	99.53	65.9673264	Boros
Lab Bahasa Multimedia dan Virtual Reality	6565728	99.53	65.9673264	Boros
Ruang Panel It 3 A	444096	10.29	43.1580175	Boros
Ruang TU dan Admin FMIPA	1284000	69	18.6086957	Boros
Lab CTB	10298496	400.96	25.684597	Boros
Ruang Panel It 4 A	392256	10.29	38.1201166	Boros
Ruang Kuliah 8	1872384	97.79	19.1469884	Boros
Ruang Dosen Prodi Sains Data	773088	41.75	18.5170778	Boros
Ruang Dosen Ilmu Kelautan	773088	41.75	18.5170778	Boros

Ruang Admin FSIP	1356960	49.52	27.4022617	Boros
Ruang Panel It 5 A	392256	10.29	38.1201166	Boros
Ruang Panel It 6 A	392256	10.29	38.1201166	Boros
Ruang Kuliah 1	1586304	84.4	18.7950711	Boros
Ruang Kuliah 2	835968	41.75	20.0231856	Boros
Ruang Kuliah 3	835968	41.75	20.0231856	Boros
Ruang Kuliah 4	835968	41.75	20.0231856	Boros
Ruang Kuliah 5	835968	41.75	20.0231856	Boros
Ruang Kuliah 7	950400	49.52	19.1922456	Boros
UPT Bahasa Asing (MLC)	1279152	58.02	22.0467425	Boros
Ruang Kuliah Pasca Sarjana 1	781440	41.61	18.7801009	Boros
Ruang Panel It 7 A	392256	10.29	38.1201166	Boros
Ruang Admin FTIK	1965744	69	28.4890435	Boros
Ruang Panel It 8 A	392256	10.29	38.1201166	Boros
Ruang Pompa	675472	35	19.2992	Boros

Tujuan dari identifikasi ruangan ruangan yang dikategorikan boros adalah untuk menentukan strategi efisiensi energi terbaik. Dari table diatas penulis dapat membuat kuisisioner untuk mengidentifikasi peluang hemat energi. Perhitungan bobot alternatif terbaik menggunakan software super descision. Untuk menggunakan software super descision penulis membuat Kriteria, sub-kriteria dan alternatif. Terdapat 3 kriteria, 9 sub-kriteria dan 4 alternatif. Diagram Network dapat dilihat dari gambar 3 dibawah ini. Antar cluster memiliki hubungan keterkaitan satu sama lain.



Gambar 2. Model Network ANP



Gambar 3. Model *Network ANP* pada *Super Decision*

Dalam penelitian ini, metode *Analytic Network Process* (ANP) digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam menentukan alternatif terbaik strategi penghematan energi di Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang. Gambar model jaringan ANP yang telah disusun menunjukkan hubungan antara tujuan (goal), kriteria dan sub-kriteria, serta alternatif yang dianalisis. Tujuan utama dari model ini adalah mengetahui alternatif peluang hemat energi yang paling sesuai dan efektif untuk diterapkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, ditetapkan tiga kriteria utama penilaian, yaitu: biaya, efisiensi, dan lingkungan. Masing-masing kriteria kemudian dijabarkan lebih lanjut ke dalam sub-kriteria yang lebih spesifik.

Kriteria biaya terdiri dari tiga sub-kriteria, yaitu investasi awal, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan, yang mencerminkan beban finansial selama implementasi dan operasional solusi. Kriteria efisiensi mencakup hemat energi, masa pakai, dan kemudahan instalasi, yang menilai seberapa efektif dan praktis alternatif diterapkan dalam konteks teknis dan operasional. Sementara itu, kriteria lingkungan meliputi emisi karbon, dampak suara, dan material ramah lingkungan, yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan dampak ekologis dari masing-masing alternatif. Empat alternatif utama yang dianalisis dalam model ini adalah:

1. Pelatihan sumber daya manusia,

2. Efisiensi tata udara,
3. Panel surya, dan
4. Smart energy system.

Keempat alternatif tersebut dievaluasi berdasarkan keterkaitannya dengan seluruh sub-kriteria. Model jaringan ANP memungkinkan adanya hubungan kompleks antar elemen, termasuk ketergantungan antar sub-kriteria dan pengaruh timbal balik antara kriteria dan alternatif. Dengan demikian, pendekatan ANP memberikan hasil yang lebih holistik dibandingkan metode hirarki konvensional seperti AHP. Model ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan pembobotan dan analisis prioritas dengan bantuan perangkat lunak Super Decisions, yang menghasilkan peringkat akhir dari masing-masing alternatif berdasarkan penilaian responden ahli. Hasilnya, alternatif smart energy system dinyatakan sebagai strategi paling prioritas dalam konservasi energi gedung karena memiliki bobot penilaian tertinggi.

Table 8. Bobot Total Hasil Dari Super Descision

Cluster	Node	Normalized By Cluster		Bobot Total	Rangking
		Responden 1	Responden 2		
Kriteria	BIAYA	0.32905	0.33015	0.3296	2
	EFISIENSI	0.38801	0.25634	0.315377	3
	LINGKUNGAN	0.28295	0.41351	0.342057	1
Sub-Kriteria	Investasi awal	0.12873	0.25658	0.18174	2
	operasional	0.11905	0.05051	0.077545	6
	pemeliharaan	0.07838	0.07263	0.07545	7
	hemat energi	0.24163	0.17268	0.204266	1
	masa pakai	0.16437	0.09572	0.125433	4
	kemudahan instalasi	0.0733	0.09213	0.082177	5
	emisi karbon	0.03344	0.04047	0.036787	8
	dampak suara	0.03504	0.02388	0.028927	9
	Material ramah lingkungan	0.12608	0.1954	0.156959	3
Alternatif	Pelatihan sumber daya manusia	0.21458	0.22734	0.220868	2
	Efisiensi tata udara	0.17675	0.24237	0.206976	3
	Panel surya	0.22155	0.15611	0.185974	4
	smart energi sistem	0.38712	0.37419	0.3806	1

Pada tahap akhir analisis, dilakukan penilaian terhadap empat alternatif konservasi energi yang telah diidentifikasi sebelumnya, yaitu: (1) smart energy system, (2) pelatihan sumber daya manusia, (3) efisiensi tata udara, dan (4) panel surya. Penilaian dilakukan oleh dua responden ahli melalui kuesioner perbandingan berpasangan dan diolah menggunakan metode *Analytic Network Process* (ANP) melalui perangkat lunak Super Decisions. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa alternatif smart energy system memiliki bobot rata-rata tertinggi sebesar 0,38060, sehingga menempati peringkat pertama. Hal ini menandakan bahwa penerapan sistem energi pintar dinilai paling efektif dalam memberikan kontribusi terhadap efisiensi energi di Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang. Pendekatan ini melibatkan penggunaan teknologi otomatisasi, sensor, dan sistem pengendali beban listrik yang dapat meningkatkan efisiensi operasional energi secara signifikan.

Di posisi kedua, terdapat alternatif pelatihan sumber daya manusia dengan nilai bobot rata-rata 0,22087. Alternatif ini menekankan pentingnya peningkatan kesadaran dan perilaku hemat energi di kalangan pengguna gedung, baik dosen, mahasiswa, maupun staf operasional. Meskipun berbasis non-teknis, upaya ini berperan penting dalam membentuk budaya kerja yang mendukung efisiensi energi jangka panjang. Alternatif efisiensi tata udara berada di urutan ketiga, dengan bobot rata-rata 0,20698. Strategi ini meliputi pengaturan suhu ruang, perawatan sistem pendingin, serta penggunaan AC hemat energi yang sesuai dengan kapasitas ruangan. Meskipun secara teknis cukup potensial, efektivitasnya dianggap masih di bawah dua alternatif sebelumnya karena keterbatasan implementasi di beberapa ruangan eksisting.

Sementara itu, panel surya berada di peringkat keempat, dengan bobot rata-rata 0,18597. Alternatif ini memiliki nilai terendah karena dianggap membutuhkan investasi awal yang besar dan keterbatasan lokasi pemasangan panel di atap gedung. Walaupun memiliki prospek jangka panjang dalam penyediaan energi terbarukan, saat ini panel surya belum diprioritaskan dalam strategi konservasi energi gedung ini. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa

penggunaan smart energy system merupakan alternatif terbaik dan paling direkomendasikan, karena selain efisien secara teknis, sistem ini juga dapat diintegrasikan dengan strategi lain seperti edukasi pengguna dan manajemen operasional energi. Implementasi strategi ini diharapkan dapat memberikan dampak signifikan terhadap penurunan konsumsi energi listrik, serta mendukung kebijakan nasional terkait konservasi energi di sektor bangunan gedung.

PENUTUP

Berdasarkan hasil audit energi dan analisis menggunakan metode *Analytic Network Process* (ANP) terhadap Gedung FT MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung FT MIPA secara umum berada dalam kategori efisien, dengan rata-rata IKE bulanan antara 6,92 hingga 11,03 kWh/m². Namun, hasil audit mendetail menunjukkan bahwa sebagian besar ruangan, khususnya ruang laboratorium dan panel listrik, masuk dalam kategori boros, dengan nilai IKE yang jauh melebihi standar efisiensi nasional.
2. Penelitian mengidentifikasi empat alternatif utama konservasi energi, yaitu: pelatihan sumber daya manusia, efisiensi tata udara, panel surya, dan smart energy system.
3. Hasil analisis menggunakan ANP menunjukkan bahwa smart energy system merupakan strategi paling prioritas, dengan bobot tertinggi sebesar 0,38060, karena dianggap paling efektif, efisien, dan berdampak langsung pada pengendalian konsumsi energi listrik secara otomatis dan terintegrasi.
4. Alternatif lainnya, yaitu pelatihan sumber daya manusia, efisiensi tata udara, dan panel surya menempati urutan berikutnya, yang tetap dapat dipertimbangkan sebagai strategi pendukung sesuai kondisi dan kebutuhan operasional gedung.

Secara keseluruhan, penerapan strategi konservasi

energi yang tepat akan berkontribusi signifikan dalam menekan konsumsi energi dan mendukung keberlanjutan operasional gedung pendidikan secara efisien dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiprama, T.R., & Ciptomulyono, U., 2012. Audit Energi dengan Pendekatan Metode MCDM-PROMETHEE untuk Konservasi serta Efisiensi Listrik di Rumah Sakit Haji Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 1.
- Ananda, D.P., Nainggolan, B., & Filzi, R., 2023. Audit Energi Untuk Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik di Gedung Plaza Summarecon Bekasi. (2024). *Prosiding A/B Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp.1-10.
- Anindita, W., & Suharyanto., 2021. Strategi Konservasi Energi Gedung Dengan Metode AHP-ANP. *Jurnal Keteknikan dan Energi*, 12(2), pp.91–100.
- Ardiansyah, R., 2023. Pengaruh Desain Pencahayaan Terhadap Nilai IKE di Gedung Universitas. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 8(1), pp.28–36.
- Despa, D., Forda, N.G., Septiana, T., & Saputra, M.B., 2021. Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 15(1).
- Hadiyanto., Suheidi., & Kango, R., 2020. Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Di Kampus Politeknik Negeri Balikpapan. *Jurnal Sains Terapan*, 6(1).
- Handayani, S., & Siregar, E., 2020. Perbandingan IKE pada Gedung Pemerintah dan Swasta. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 6(1), pp.50–57.
- Kementerian ESDM., 2012. Permen ESDM No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi di Gedung Pemerintah.
- Kurniawan, A., & Fikri, M.A., 2023. Perbandingan Penggunaan Lampu LED dan TL Terhadap Konsumsi Energi di Gedung Perkuliahan. *Jurnal Inovasi Energi*, 3(2), pp.55–62.
- Lestari, N.A., & Wijaya, B., 2016. Pengaruh AC Inverter Terhadap Penghematan Energi di Perkantoran. *Jurnal Energi dan Daya*, 4(1), pp.9–16.
- Mahendra, A.D., Margono, M., & Amiruddin, M., 2023. Analisis

- Perbandingan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik Antara Pln Dan Genset Di Pollux Mall Paragon Semarang. *Transistor Elektro dan Informatika*, 5(1), pp.27-36.
- Prasetyo, R., & Wulandari, S., 2021. Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Alternatif Energi di Gedung Pendidikan. *Jurnal Teknologi Energi*, 5(2), pp.37-45.
- Rahma, M.S., Galina, M., & Welman, S.J., 2018. Analisis Intensitas Konsumsi Energi RS Medirossa Cikarang. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(1).
- Shidqi, N.A., Pravitasari, D., & Setiawan, H.T., 2023. Audit Energi dan Peluang Penghematan Energi dengan Metode ANP-PROMETHEE: Studi Kasus Trio Plaza Magelang. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(2), 781-796.
- Sujatmiko, W., 2008. Penyempurnaan Standar Audit Energi Pada Bangunan Gedung. *Prosiding PPIS Bandung*, pp.1-16.
- Syamsudin, H., & Ramadhan, F., 2019. Penerapan ANP untuk Evaluasi Kinerja Energi Gedung. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 6(2), pp.14-22.
- Thomas, L.S., 2001. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications.
- Untoro, J., 2014. Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 8(2).
- Utami, D.M., & Haryanto, E., 2022. Audit Energi Listrik Untuk Rekomendasi Efisiensi Di Gedung Kelas Perkuliahan. *Jurnal Rekayasa Energi dan Kelistrikan*, 10(2), pp.73-80.