

SKRIPSI

AUDIT ENERGI LISTRIK UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI PENGUNAAN ENERGI DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN (UNHAS) GOWA

Disusun dan diajukan oleh:

RIZKY AZHARY GANI

D041 19 1031



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

AUDIT ENERGI LISTRIK UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI PENGUNAAN ENERGI DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN (UNHAS) GOWA

Disusun dan diajukan oleh

Rizky Azhary Gani

D041191031

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 17 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, MT., SH, IPU, ASEAN, Eng
NIP 197504042000121001


Dr. Fitriyanti Mayasari, ST, MT
NIP 198307142006042001

Ketua Program Studi,




Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM
NIP 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizky Azhary Gani

NIM : D041191031

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**AUDIT ENERGI LISTRIK UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI
PENGUNAAN ENERGI DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN (UNHAS) GOWA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 22 Januari 2024

Yang Menyatakan



Rizky Azhary Gani



KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Audit Energi Listrik untuk Pencapaian Efisiensi Penggunaan Energi di Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Unhas) Gowa” dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini tidak lepas dari bantuan orang lain. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak, Ibu dan semua keluarga besar penulis yang memberikan doa dan dukungan baik moral maupun materil sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, MT., SH, IPU, ASEAN.Eng. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Skripsi yang telah membimbing dan membantu dengan sabar sehingga laporan Tugas Akhir Skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Fitriyanti Mayasari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Skripsi yang juga telah sabar membimbing dan membantu penulis sehingga laporan Tugas Akhir Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
uruh teman KKN, teman KP, dan teman GNM yang selalu mberikan semangat dan dukungan kepada penulis.



8. Seluruh teman-teman TRI9GER yang telah menjadi teman seperjuangan, memberikan banyak pengalaman, cerita dan motivasi kepada penulis selama masa-masa perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis dengan sangat terbuka menerima kritikan dan saran yang membangun untuk memperbaiki skripsi dan penelitian ini kedepannya.

Gowa, 22 Januari 2024



Penulis



ABSTRAK

RIZKY AZHARY GANI. *AUDIT ENERGI LISTRIK UNTUK PENCAPAIAN EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN (UNHAS) GOWA* (dibimbing oleh Ansar Suyuti dan Fitriyanti Mayasari)

Energi merupakan kebutuhan yang vital dalam setiap aspek kehidupan, peningkatan jumlah penduduk menyebabkan permintaan energi juga meningkat. Penggunaan energi pada gedung seperti perkantoran hingga pada kampus/universitas harus dilakukan secara efektif dan efisien, sehingga dapat meminimalisir pembayaran rekening listrik yang terlalu besar. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu audit energi untuk menentukan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) agar mendapatkan nilai IKE yang sesuai standar sehingga tercapai penggunaan energi yang efektif dan efisien. Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk mendapatkan efisiensi dan menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu bangunan dengan metode tertentu. Penelitian ini dilakukan pada gedung Elektro & gedung Sipil di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai intensitas konsumsi energi melalui proses audit energi, serta menemukan Solusi penghematan energi Listrik. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa pada audit energi awal, nilai IKE yang dihasilkan pada gedung Elektro & gedung Sipil yaitu sebesar 233,436 kWh/m²/Tahun. Nilai IKE tersebut tergolong kriteria “Boros”. Kemudian pada tahap audit energi akhir, nilai IKE yang dihasilkan pada gedung Elektro sebesar 181,19 kWh/m²/Tahun, dan pada gedung Sipil sebesar 175,75 kWh/m²/Tahun. Nilai IKE tersebut tergolong kriteria “Agak Boros”. Penghematan energi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti; mematikan perangkat elektronik saat tidak digunakan, melakukan pergantian jenis lampu LED, mengatur tata ruangan yang baik, melakukan pemeliharaan rutin pada AC, dll.

Kata Kunci : Energi, Audit Energi, Intensitas Konsumsi Energi



ABSTRACT

RIZKY AZHARY GANI. *ELECTRIC ENERGY AUDIT FOR ACHIEVING ENERGY USE EFFICIENCY IN THE FACULTY OF ENGINEERING BUILDING HASANUDDIN UNIVERSITY (UNHAS) GOWA* (supervised by Ansar Suyuti and Fitriyanti Mayasari)

Energy is a vital need in every aspect of life, increasing population causes energy demand to also increase. Energy use in buildings such as offices and campuses/universities must be done effectively and efficiently, so as to minimize excessively large electricity bill payments. Therefore, it is necessary to carry out an energy audit to determine the Energy Consumption Intensity (IKE) value in order to obtain an IKE value that meets standards so that effective and efficient energy use is achieved. Energy audit is a technique used to obtain efficiency and calculate the amount of energy consumption in a building using certain methods. This research was conducted in the Electrical & Civil Building at the Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The aim of this research is to determine the value of energy consumption intensity through an energy audit process, as well as finding solutions for saving electrical energy. Based on the research results, it is known that in the initial energy audit, the IKE value produced in the Electrical Building & Civil Building was 233,436 kWh/m²/year. The IKE value is classified as "Wasteful" criteria. Then at the final energy audit stage, the IKE value produced in the Electrical building was 181.19 kWh/m²/Year, and in the Civil building it was 175.75 kWh/m²/Year. The IKE value is classified as "Somewhat Wasteful" criteria. Energy savings can be done in various ways, such as; turning off electronic devices when not in use, changing the type of LED lights, arranging a good room layout, carrying out routine maintenance on the AC, etc.

Keywords: Energy, Energy Audit, Energy Consumption Intensity



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Energi.....	6
2.2 Daya Listrik	6
2.3 Tingkat Pencahayaan	7
2.4 Audit Energi.....	9
2.5 Intensitas Konsumsi Energi	9
2.6 Tahap-Tahap Audit Energi.....	12
2.6.1 Audit Energi Awal	12
2.6.2 Audit Energi Rinci	13
2.6.3 Analisis Peluang Hemat Energi	14
2.7 Klasifikasi Lampu.....	14
Lampu Pijar (<i>Incandescent</i>).....	14
Lampu Halogen.....	15
Lampu <i>Fluorescent</i>	16



2.7.4 Lampu LED	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Waktu Penelitian.....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	18
3.4 Populasi dan Sampel	18
3.5 Teknik Pengambilan Data.....	19
3.6 Teknik Analisis	20
3.7 Diagram Alir Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Audit Energi Awal	22
4.1.1 Luas Bangunan dan Tingkat Hunian Gedung Elektro & Gedung Sipil	22
4.1.2 Rekening Listrik Gedung Elektro & Gedung Sipil	33
4.1.3 Perhitungan IKE Audit Energi Awal	35
4.2 Audit Energi Rinci	35
4.2.1 Teknik Pengukuran Penggunaan Energi Listrik	36
4.2.2 Hasil Pengamatan Penggunaan Energi Listrik pada Peralatan di Gedung Elektro.....	37
4.2.3 Perhitungan IKE Audit Energi Rinci Gedung Elektro	55
4.2.4 Hasil Pengamatan Penggunaan Energi Listrik pada Peralatan di Gedung Sipil	56
4.2.5 Perhitungan IKE Audit Energi Rinci Gedung Sipil	70
4.3 Perankingan Penggunaan Konsumsi Energi Listrik.....	71
4.4 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya.....	77
4.5 Analisis Peluang Hemat Energi (PHE)	89
4.5.1 Analisis PHE Berdasarkan Konsumsi Sistem Penerangan	89
4.5.2 Analisis PHE Berdasarkan Konsumsi Sistem Pengkondisian Udara.....	90
4.5.3 Analisis PHE Berdasarkan Konsumsi Peralatan Elektronik	90
BAB V PENUTUP.....	91
5.1 Kesimpulan	91
in	92
. PUSTAKA.....	93
AN.....	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Konstruksi Lampu Pijar.....	15
Gambar 2. Konstruksi Lampu Halogen.....	16
Gambar 3. Konstruksi Lampu Fluorescent.....	16
Gambar 4. Konstruksi Lampu LED.....	17
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 6. Penggunaan Listrik Fakultas Teknik Selama 1 Tahun	34
Gambar 7. Persentase Penggunaan Energi Listrik Gedung Elektro	55
Gambar 8. Persentase Penggunaan Energi Listrik Gedung Sipil	70



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Tingkat Pencahayaan menurut Ruangan atau Unit	8
Tabel 2. IKE Bangunan Gedung Tidak ber-AC	10
Tabel 3. IKE Bangunan Gedung ber-AC	11
Tabel 4. Rincian Luas Total per Lantai Gedung Elektro.....	23
Tabel 5. Rincian Luas Total per Lantai Gedung Sipil.....	23
Tabel 6. Rincian Luas Masing-Masing Ruangan di Gedung Elektro.....	23
Tabel 7. Rincian Luas Masing-Masing Ruangan di Gedung Sipil.....	29
Tabel 8. Data Tagihan Rekening Listrik Fakultas Teknik Unhas Gowa.....	34
Tabel 9. Hasil pengamatan penggunaan sistem penerangan pada Gedung Elektro	37
Tabel 10. Hasil Pengamatan Penggunaan Sistem Pengkondisian Udara (AC) <i>Cassette</i> pada Gedung Elektro.....	45
Tabel 11. Hasil Pengamatan Penggunaan Sistem Pengkondisian Udara (AC) <i>Split</i> pada Gedung Elektro	47
Tabel 12. Konsumsi Daya Sistem Peralatan Elektronik pada Gedung Elektro....	48
Tabel 13. Beban Motor pada Gedung Elektro.....	54
Tabel 14. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Listrik pada Penggunaan Peralatan di Gedung Elektro.....	54
Tabel 15. Hasil pengamatan penggunaan sistem penerangan pada Gedung Sipil.....	56
Tabel 16. Hasil Pengamatan Penggunaan Sistem Pengkondisian Udara (AC) <i>Cassette</i> pada Gedung Sipil.....	63
. Hasil Pengamatan Penggunaan Sistem Pengkondisian Udara (AC) <i>Split</i> pada Gedung Sipil	64
. Konsumsi Daya Sistem Peralatan Elektronik pada Gedung Sipil.....	64



Tabel 19. Beban Motor pada Gedung Sipil	69
Tabel 20. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Listrik pada Penggunaan Peralatan di Gedung Sipil.....	69
Tabel 21. Perankingan Penggunaan Konsumsi Energi Listrik pada Gedung Elektro	71
Tabel 22. Perankingan Penggunaan Konsumsi Energi Listrik pada Gedung Sipil.....	75
Tabel 23. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya pada Gedung Elektro	77
Tabel 24. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya pada Gedung Sipil	83



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Juli 2022.....	96
Lampiran 2. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Agustus 2022	97
Lampiran 3. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada September 2022	98
Lampiran 4. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Oktober 2022	99
Lampiran 5. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada November 2022.....	100
Lampiran 6. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Desember 2022	101
Lampiran 7. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Januari 2023	102
Lampiran 8. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Februari 2023	103
Lampiran 9. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Maret 2023	104
Lampiran 10. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada April 2023	105
Lampiran 11. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Mei 2023	106
Lampiran 12. Data Tagihan Rekening Listrik Universitas Hasanuddin pada Juni 2023.....	107



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang saat ini dibutuhkan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Proyeksi beban energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Namun di sisi lain krisis energi dan biaya tarif dasar listrik (TDL) yang cenderung naik mengharuskan kita melakukan upaya penghematan energi listrik.

Energi merupakan kebutuhan yang vital dalam setiap aspek kehidupan, peningkatan jumlah penduduk menyebabkan permintaan energi juga meningkat. Permintaan energi di Indonesia rata-rata per tahun naik sebesar 7% sedangkan pasokan energi primer diperkirakan hanya meningkat sebesar 2% (Ikhsan, et al., 2016). Dengan demikian, diperlukan pengembangan sumber energi lain selain minyak dan energi fosil lainnya. Selain itu pola konservasi dalam kaitannya dengan program penghematan energi, merupakan kegiatan penting yang dapat segera dilaksanakan.

Konservasi energi merupakan salah satu cara yang penting untuk menanggulangi masalah energi, karena hasilnya dapat dirasakan dalam waktu yang relatif singkat (Kartika, 2018). Selain itu konservasi energi di sektor industri akan mengurangi biaya produksi sehingga akan memperkuat daya saing produk yang dihasilkan. Audit energi merupakan langkah awal dalam pelaksanaan program konservasi energi. Audit energi dapat membantu memberikan gambaran mengenai penggunaan energi, distribusi energi, biaya energi dan konversi energi yang akhirnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber pemborosan energi, guna mendapatkan langkah penghematan dan perbaikan-perbaikan yang layak untuk dilaksanakan sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan energi (Raharjo et al.,



ampus Teknik Universitas Hasanuddin memiliki 9 gedung utama, dengan ruang lebih terdiri dari instalasi penerangan, Pendingin ruangan/AC,

komputer dan juga mesin-mesin listrik pada beberapa laboratorium di setiap departemen. Proses audit energi untuk menghitung tingkat penggunaan energi suatu gedung atau bangunan, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar penggunaan energi (Intensitas Konsumsi Energi – IKE) sebagai bahan pertimbangan untuk dicarikan solusi penghematan penggunaan energi jika tingkat penggunaan energinya melebihi standar baku yang ada.

Penggunaan energi pada gedung seperti perkantoran hingga pada kampus/universitas harus dilakukan secara efektif dan efesiensi, sehingga dapat meminimalisir pembayaran rekening listrik yang terlalu besar. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu audit energi untuk menentukan nilai Intesitas Konsumsi Energi (IKE) agar mendapatkan nilai IKE yang sesuai standar sehingga tercapai penggunaan energi yang efektif dan efesien.

Dalam penelitian ini, dilakukan proses audit energi untuk menghitung tingkat penggunaan energi listrik pada kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar yang ada sebagai bahan pertimbangan untuk dicarikan solusi penghematan penggunaan energi jika tingkat penggunaan energinya melebihi standar baku yang ada.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian audit energi ini adalah mengetahui profil penggunaan energi dan peluang penghematan energi pada kampus Teknik Universitas Hasanuddin dan untuk meningkatkan efesiensi penggunaan energi, sehingga penggunaan energi pada kampus Teknik Universitas Hasanuddin bisa lebih efektif, efesien dan juga dapat menghemat biaya listrik untuk kampus Teknik Universitas Hasanuddin.

Petunjuk teknis konservasi energi bidang audit energi pada Gedung di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengelolaan dalam rangka peningkatan efisiensi penggunaan energi sehingga dapat pengeluaran biaya energi. Audit energi bertujuan mengetahui potret



penggunaan energi dan mencari usaha yang perlu dilakukan dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menghitung intensitas konsumsi energi melalui proses audit energi pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa?
2. Bagaimana solusi untuk menghemat energi listrik pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa?
3. Bagaimana mengimplementasikan sistem informasi berupa pemantauan konsumsi energi, identifikasi potensi penghematan, serta hasil audit agar mudah diakses oleh para auditor energi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis intensitas konsumsi energi melalui proses audit energi pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa.
2. Menemukan solusi untuk menghemat energi listrik pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa.
3. Untuk mengimplementasikan sistem informasi berupa pemantauan konsumsi energi, identifikasi potensi penghematan, serta hasil audit agar mudah diakses oleh para auditor energi.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilaksanakannya audit energi listrik pada gedung Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin diharapkan memberikan manfaat, antara lain:

1. Dapat mendorong kesadaran pengguna gedung terhadap pola penggunaan energi, serta memberikan dasar untuk edukasi dan perubahan perilaku.



2. Memungkinkan identifikasi dan perbaikan cara-cara yang dapat dioptimalkan dalam penggunaan energi, berpotensi mengurangi konsumsi listrik dan biaya operasional.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi oleh mahasiswa yang akan melakukan penelitian dengan permasalahan yang sama.
4. Memberikan masukan kepada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tentang peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada gedung tersebut dalam rangka konsevasi energi listrik.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini mempunyai sejumlah batasan masalah supaya tidak terjadi pelebaran masalah saat pengerjaan penelitian. Adapun sejumlah batasan masalahnya sebagai berikut:

1. Audit energi pada bangunan hanya mengaudit penggunaan energi listrik.
2. Penelitian dilakukan di Gedung Teknik Elektro dan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Proses audit energi hanya pada sistem penerangan, sistem pendinginan ruangan, peralatan listrik dan lain-lain.
4. Penelitian hanya difokuskan pada data yang diperoleh di lapangan saja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk mempermudah pemahaman dan penelaahan penelitian. Adapun sistematika penulisan untuk penelitian ini yang masing-masing uraian secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini adalah pendahuluan dimana sebagian besar menyempurnakan usulan penelitian yang berisikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori yang mendasari pembahasan secara detail yang memuat tentang penjelasan audit energi, intensitas konsumsi energi, dan tahap-tahap audit energi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memuat tentang pengembangan metodologi yang berisi rancangan penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data, dan langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan mengenai data hasil penelitian tersebut.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat tentang kesimpulan menyeluruh dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian ini kedepannya.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Energi

Energi adalah suatu usaha yang dilakukan oleh gaya sebesar satu Newton pada jarak satu meter. Dengan kata lain, energi adalah usaha melepaskan gaya satu Newton per meter perpindahan untuk menggerakkan sesuatu. Energi memiliki satuan Joule. Hukum kekekalan energi yang berlaku di alam menyatakan bahwa energi tidak dapat dihasilkan ataupun dihilangkan, energi hanya dapat berpindah dari bentuk satu ke bentuk lainnya.

Misalnya pada pembangkit listrik, energi dari air yang mengalir atau bergerak akan berpindah dan menghasilkan energi listrik. Energi listrik dapat juga berpindah menjadi energi cahaya apabila energi listrik tersebut terhubung ke suatu lampu. Kemudian apabila lampu tersebut digunakan dalam jangka waktu yang lama, maka perpindahan energi yang terjadi ialah energi cahaya berpindah menjadi energi panas, demikian seterusnya. Untuk mengetahui apakah energi dikirim atau diserap, bukan hanya polaritas tegangan yang dapat berpengaruh, tetapi juga arah arus (Ramdhani, 2008).

2.2 Daya Listrik

Daya listrik adalah suatu energi listrik yang terdapat pada rangkaian yang bisa dihasilkan atau bahkan diserap. Daya listrik dapat juga didefinisikan sebagai suatu penghantar energi di suatu rangkaian. Jadi, ketika beban yang terhubung dengan sumber energi seperti tegangan listrik yang nantinya akan menghasilkan daya listrik maka beban akan menyerap daya listrik tersebut (A. A. Akbar, 2007). Daya listrik memiliki satuan internasional (SI) adalah watt (W). Untuk mengetahui perhitungan daya listrik dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$P = V \times I \quad (1)$$



Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

Daya terbagi menjadi tiga jenis, antara lain (A. Belly et al., 2010):

1. Daya aktif (P), adalah daya yang sebenarnya terpakai. Daya ini memiliki satuan watt.

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad (2)$$

2. Daya reaktif (Q), adalah daya yang dibutuhkan dalam pembentukan medan magnet yang nantinya menghasilkan fluks magnet. Daya ini memiliki satuan VAR.

$$Q = V \times I \times \sin\phi \quad (3)$$

3. Daya semu (S), atau daya total adalah hasil perkalian antara tegangan rms dengan arus rms. Daya ini memiliki satuan VA.

$$S = V \times I \quad (4)$$

2.3 Tingkat Pencahayaan

Tingkat pencahayaan adalah besarnya cahaya yang hadir dalam suatu ruangan atau area tertentu. Parameter ini diukur dalam satuan lux (lm/m^2) yang menggambarkan intensitas cahaya yang jatuh pada suatu permukaan. Alat ukur untuk mengukur tingkat pencahayaan adalah *Luxmeter* (Suhendar, 2016).

Pencahayaan yang baik berguna pada konservasi energi dan kesejahteraan penghuni ruangan dengan menciptakan kenyamanan visual. Sedangkan pencahayaan yang buruk dapat mengakibatkan gangguan Kesehatan khususnya gangguan mata. Oleh karena itu, desain pencahayaan harus mempertimbangkan dan memperhitungkan kebutuhan spesifik ruangan dan penggunaannya agar dapat kan lingkungan yang optimal. Pencapaian tingkat pencahayaan yang baik eroleh dengan memanfaatkan pencahayaan alami dan pencahayaan buatan grum, 2015).



Tingkat pencahayaan rata-rata minimum yang baik pada suatu ruangan atau area tertentu direkomendasikan harus lebih dari standar tingkat pencahayaan yang telah diatur. Standar pencahayaan bervariasi tergantung pada jenis aktivitas yang dilakukan di dalam ruangan atau area tersebut. Berikut merupakan tabel indeks pencahayaan menurut Standar Nasional Indonesia nomor 6197 tahun 2020 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan (Badan Standarisasi Nasional, 2020):

Tabel 1. Standar Tingkat Pencahayaan menurut Ruangan atau Unit

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan rata-rata minimum (lux)
Perkantoran	
Ruang resepsionis	300
Ruang direktur	350
Ruang kerja	350
Ruang komuter	150
Ruang rapat	300
Ruang gambar	750
Gudang arsip	150
Ruang tangga darurat	100
Lembaga Pendidikan	
Ruang kelas	350
Ruang baca perpustakaan	350
Laboratorium	500
Ruang praktik komputer	500
Ruang laboratorium	300
Ruang guru	300
Ruang auditorium	300
Lobby	100
Tangga	100
Kantin	200



2.4 Audit Energi

Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk mendapatkan efisiensi dan menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu bangunan dengan metode tertentu. Analisis data bertujuan untuk mendapatkan efisiensi energi listrik dan diharapkan penelitian secara kontinyu dapat mengidentifikasi efisiensi energi listrik (J. P. Sriwijaya, 2012).

Pelaksanaan audit energi meliputi audit energi awal dan juga audit energi rinci, yakni menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan mencari peluang penghematan energi. Setelah mendapatkan hasil nilai IKE pada suatu gedung berdasarkan hasil penelitian serta membandingkan hasil perhitungan sebelum melakukan Peluang Hemat Energi (PHE) dan perhitungan setelah melakukan PHE, maka diharapkan dari adanya pelaksanaan audit energi ini antara lain (Muhammad Ikhsan et al., 2016):

- a. Mengetahui besarnya nilai IKE suatu gedung.
- b. Dapat melakukan penghematan biaya energi dan dapat melakukan pencegahan pemborosan energi tanpa mengurangi kenyamanan suatu gedung.
- c. Dapat mengetahui profil penggunaan energi suatu gedung.
- d. Dapat menemukan cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

2.5 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik adalah istilah yang dipakai untuk menyatakan besarnya pemakaian energi listrik dalam suatu gedung. Apabila besarnya IKE pada suatu gedung telah didapatkan maka dapat melangkah ke tahap selanjutnya yaitu melakukan langkah-langkah penghematan energi dan mencari solusi yang akan diambil (Hutabarat et al., 2021).



KE dapat dinyatakan dalam satuan kWh/m² per tahun dan sudah ada di berbagai negara (ASEAN, APEC). Berdasarkan penelitian oleh USAID pada tahun 1987 yang baru dikeluarkan laporannya pada tahun

1992, besarnya IKE listrik untuk Indonesia sendiri dapat dilihat pada rincian berikut (Maulida et al., 2018):

- a. IKE pada perkantoran (komersial) : 240 kWh/m² per tahun.
- b. IKE pada pusat belanja : 330 kWh/m² per tahun.
- c. IKE pada hotel / apartemen : 300 kWh/m² per tahun.
- d. IKE pada rumah sakit : 380 kWh/m² per tahun.

Adapun perhitungan nilai IKE sebagai berikut ini:

$$IKE = \frac{kWh\ Total}{Occ.Rate \times Area\ Room} \quad (5)$$

Nilai IKE dari suatu gedung berdasarkan Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional dapat digolongkan dalam dua kriteria, yaitu IKE pada bangunan gedung tidak ber-AC dan pada IKE bangunan gedung ber-AC (Jati Untoro, 2014).

Tabel 2. IKE Bangunan Gedung Tidak ber-AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (10 – 20) kWh/m²/Tahun	a) Prinsip konservasi energi listrik dilakukan untuk pengelolaan gedung dan peralatan energi. b) Melakukan pemeliharaan peralatan energi sesuai dengan prosedur. c) Peningkatan penggunaan energi masih dimungkinkan dengan menerapkan sistem manajemen energi.
Cukup Efisien (20 – 30) kWh/m²/Tahun	a) Penggunaan energi cukup efisien, namun masih terdapat peluang konservasi energi. b) Masih memungkinkan untuk dilakukan perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi.



Tabel 2. IKE Bangunan Gedung Tidak ber-AC **Lanjutan**

Kriteria	Keterangan
Boros (30 – 40) kWh/m²/Tahun	a) Dalam menentukan langkah-langkah perbaikan supaya pemborosan energi bisa dihindari maka perlu untuk dilakukan audit energi. b) Desain bangunan, pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.
Sangat Boros (40 – 50) kWh/m²/Tahun	a) Desain pengoperasian, instalasi peralatan, serta pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi. b) Melakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. c) Langkah awal yang perlu dilakukan ialah audit energi.

Tabel 3. IKE Bangunan Gedung ber-AC

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (50 – 95) kWh/m²/Tahun	a) Desain gedung telah sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi. b) Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi.
Efisien (95 – 145) kWh/m²/Tahun	a) Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur. b) Melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu, efisiensi penggunaan energi masih mungkin untuk ditingkatkan.
Cukup Efisien (145 – 175) kWh/m²/Tahun	a) Penggunaan energi cukup efisien melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi. b) Pengoperasian dan pemeliharaan gedung masih belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi.



Tabel 3. IKE Bangunan Gedung ber-AC **Lanjutan**

Kriteria	Keterangan
Agak Boros (175 – 230) kWh/m²/Tahun	a) Perlu mempertimbangkan audit energi agar menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan. b) Desain bangunan, pengoperasian, serta pemeliharaan gedung masih belum mempertimbangkan konservasi energi.
Boros (230 – 285) kWh/m²/Tahun	a) Perlu mempertimbangkan dilakukannya audit energi agar dapat menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari. b) Pemeliharaan, desain pengoperasian, serta instalasi peralatan tidak mengacu pada penghematan energi.
Sangat Boros (285 – 450) kWh/m²/Tahun	a) Perlu dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. b) Langkah awal yang perlu dilakukan ialah audit energi.

Sumber: Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan

2.6 Tahap-Tahap Audit Energi

Tahap-tahap audit energi ini terdiri atas dua tahapan yaitu audit energi awal dan audit energi rinci. Pelaksanaan audit energi awal ini dibutuhkan data rekening pembayaran energi pada gedung serta luas gedung. Hal ini dapat dilakukan oleh pengelola gedung yang bersangkutan. Hasil perhitungan nilai IKE kemudian dapat disampaikan kepada pemilik atau pengelola gedung yang bersangkutan sebagai bahan pertimbangan, masukan, ataupun informasi dalam menetapkan IKE yang baru (Miqrad, 2021).

2.6.1 Audit Energi Awal



udit energi awal memiliki tujuan mengukur efisiensi penggunaan energi ngidentifikasi apakah terdapat kemungkinan melakukan penghematan Iuslimin, 2014). Pada tahap audit energi awal ini dilakukan pengumpulan

dan penyusunan data energi bangunan dengan data yang tersedia. Data tersebut meliputi (Raharjo et al., 2016):

- a. Dokumentasi bangunan yang diperlukan adalah gambar teknik bangunan sesuai pelaksanaan konstruksi, terdiri dari:
 - 1) Denah, tapak, dan potongan bangunan untuk seluruh lantai.
 - 2) Denah instalasi pencahayaan bangunan untuk seluruh lantai.
 - 3) Diagram garis tunggal listrik, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan juga besarnya penyambungan daya listrik PLN, serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator.
- b. Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan selama satu tahun terakhir.
- c. Tingkat hunian bangunan (*occupancy rate*).

Sesuai dengan pengumpulan data energi bangunan seperti di atas, maka dapat dihitung (Septian et al., 2013):

1. Total serta rincian luas bangunan (m^2).
2. Tingkat pencahayaan ruang (Lux/m^2).
3. Total daya listrik yang dibutuhkan (kVA atau kW).
4. Intensitas daya terpasang per m^2 pada peralatan lampu ($Watt/m^2$).
5. Daya listrik terpasang per m^2 luas lantai untuk keseluruhan bangunan.
6. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik pada bangunan.
7. Biaya penggunaan energi pada bangunan.

2.6.2 Audit Energi Rinci

Audit energi rinci dilakukan pada tahapan audit energi awal memberikan gambaran hasil nilai IKE listrik lebih besar dari target yang telah dilakukan. Audit energi rinci juga bertujuan agar dapat mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan, dan juga dapat mengetahui dan mengidentifikasi peralatan listrik apa saja yang digunakan, dan pemakaian energinya cukup besar. Kemudian dalam penelitian energi, yang dilakukan ialah meneliti dan mengumpulkan sejumlah masukan yang akan mempengaruhi besarnya energi pada bangunan, dan dari hasil penelitian dan



pengukuran tersebut kemudian dibuat profil penggunaan energi pada bangunan (Hasan et al., 2010).

Hasil pengukuran kemudian ditindaklanjuti dengan perhitungan nilai IKE serta penyusunan profil penggunaan energi pada bangunan. Kemudian hasil perhitungan IKE dibandingkan dengan standar atau target IKE. Jika hasilnya sama atau bahkan kurang dari standar maka kegiatan audit energi rinci ini bisa dihentikan. Namun apabila hasilnya lebih besar dari IKE standar maka kemungkinan terdapat peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci berikutnya untuk mendapatkan hasil penghematan energi.

2.6.3 Analisis Peluang Hemat Energi

Jika peluang hemat energi (PHE) telah dikenali, berikutnya perlu ditindaklanjuti dengan analisis peluang hemat energi. Caranya adalah dengan membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan tanpa mengurangi kenyamanan penghuni (Hazrina et al., 2020). Berikut merupakan usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk analisa peluang hemat energi (Riyadi, 2018):

- a. Mengurangi sekecil mungkin penggunaan energi.
- b. Memperbaiki kinerja peralatan.
- c. Penggunaan sumber energi yang murah.

2.7 Klasifikasi Lampu

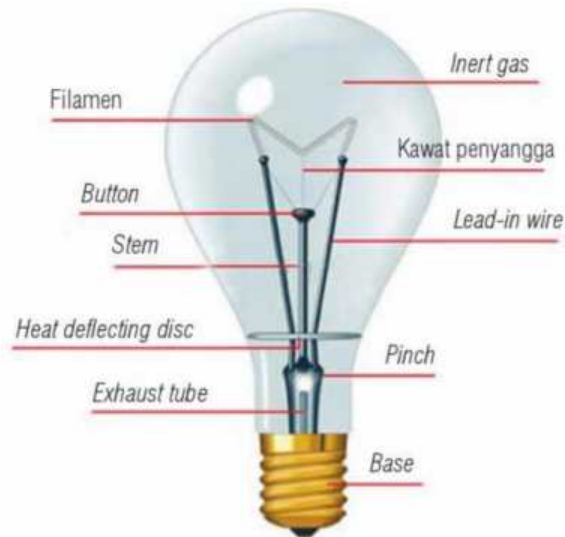
Lampu yang saat ini marak digunakan di Masyarakat umumnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

2.7.1 Lampu Pijar (*Incandescent*)



Lampu Pijar adalah salah satu jenis lampu yang memanaskan serabut pijar untuk menghasilkan cahaya. Filamen merupakan suatu kawat logam yang mempunyai hambatan terhadap arus yang lewat yang didalamnya tenaga

listrik diubah menjadi energi cahaya dan energi panas. Jenis lampu ini berisikan gas bertekanan rendah seperti argon, nitrogen, kripton, dan xenon (Agam, 2015).



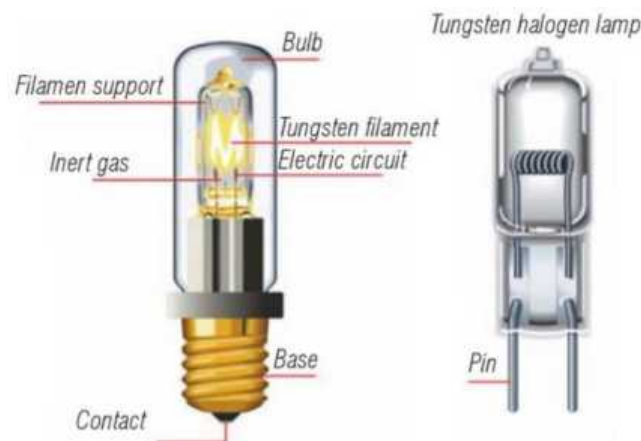
Gambar 1. Konstruksi Lampu Pijar (Latifah, 2015)

Jenis lampu ini memiliki efisiensi yang sangat rendah, karena membutuhkan energi listrik yang cukup besar untuk menghasilkan intensitas cahaya yang sama dengan jenis lampu lain. Energi yang menjadi cahaya hanya 8-10 %, sisanya menjadi energi panas.

2.7.2 Lampu Halogen

Lampu halogen adalah jenis lampu yang cahayanya berasal dari pijar kumparan kawat yang terbuat dari bahan wolfram, serta berisikan gas bertekanan rendah, seperti lampu pijar. Perbedaan jenis lampu ini dengan lampu pijar ialah memiliki dimensi lebih kecil dibanding lampu pijar, serta dapat beroperasi pada suhu yang lebih tinggi.



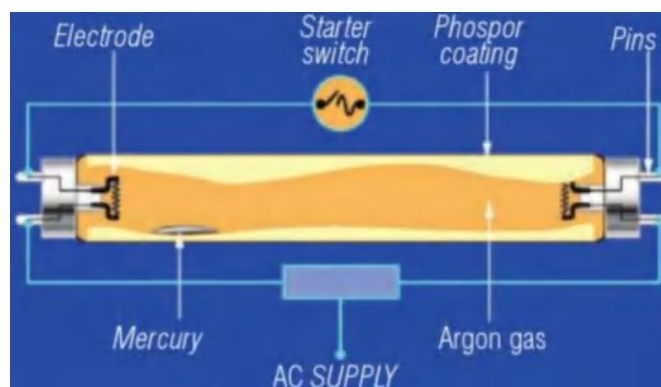


Gambar 2. Konstruksi Lampu Halogen (Latifah, 2015)

Lampu halogen ini memiliki sedikit gas halogen, seperti iodin dan bromin, sehingga menyebabkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dan meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik yang cukup signifikan dibanding lampu pijar. Jenis lampu ini memiliki efisiensi energi di antara lampu pijar dan lampu TL (Latifah, 2015).

2.7.3 Lampu *Fluorescent*

Lampu *Fluorescent* adalah lampu yang cahayanya berasal dari pendaran lapisan tipis fosfor pada permukaan dalam tabung. Gas ini menghasilkan cahaya tampak karena terjadi proses tumbuk gelombang elektromagnetik ultraviolet yang dihasilkan uap merkuri saat terjadi aliran elektron antar elektroda. Jenis lampu ini berisikan gas bertekanan rendah seperti argon, neon, kripton, xenon (B. B. Agam, 2015).



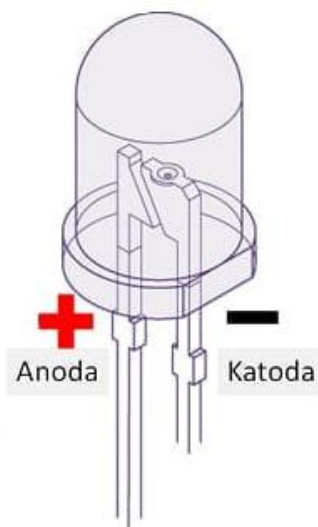
Gambar 3. Konstruksi Lampu *Fluorescent* (Latifah, 2015)



Lampu fluorescent merupakan jenis *gas discharge lamp* atau lampu pelepasan gas karena terjadi pelepasan elektron dari elektroda melalui uap merkuri. Hal ini mengakibatkan elektron atom merkuri tersebut tereksitasi dan mengeluarkan cahaya ultraviolet. Jenis lampu ini memiliki efisiensi dua hingga tiga kali lebih baik dibandingkan lampu pijar. Energi yang menjadi cahaya sebesar 25% (Latifah, 2015).

2.7.4 Lampu LED

Lampu LED adalah jenis sirkuit semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Prinsip kerja lampu ini ialah dengan menimbulkan *junction* positif dan negatif yang kemudian menghasilkan kelistrikan. Lampu ini akan memancarkan cahaya ketika energi listrik diubah menjadi energi cahaya (*transduser*).



Gambar 4. Konstruksi Lampu LED (Latifah, 2015)

Berbeda dengan jenis lampu lain, lampu LED ini memancarkan cahaya lewat aliran listrik yang relatif tidak menghasilkan banyak energi panas. Sehingga jenis lampu ini memiliki efisiensi energi yang sangat tinggi atau sangat hemat (Latifah, 2015).

