

SKRIPSI

MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG KAMPUS FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. RIZAL
D041 19 1106



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA
GEDUNG KAMPUS FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh

Muh. Rizal

D041191106

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 1 April 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, MT.,SH.,IPU.,ASEAN.Eng
NIP 196712311992021001


Yusri Syam Akil, S.T., M.T, Ph.D
NIP 197703222005011001

Ketua Program Studi,


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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Rizal
NIM : D041191106
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG KAMPUS FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

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, 13 Mei 2024

Yang Menyatakan



Optimized using
trial version
www.balesio.com



Muh. Rizal

ABSTRAK

Muh. Rizal. *Manajemen Penggunaan Energi Listrik pada Gedung Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin* (dibimbing oleh Ansar Suyuti dan Yusri Syam Akil)

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat praktis dan indah penggunaannya, misalnya untuk menunjang kebutuhan penerangan dan pendinginan ruangan. Manajemen energi merupakan suatu kegiatan sistematis untuk mengontrol penggunaan energi dengan tujuan mencapai pemanfaatan energi secara efektif dan efisien guna mendapatkan penghematan yang maksimal melalui penerapan serangkaian tindakan terstruktur serta ekonomis. Penggunaan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan berjalannya waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya manajemen energi sebagai bentuk usaha meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik. Penelitian ini dilakukan pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas tepatnya pada gedung Elektro dan Perkapalan. Setelah dilakukan audit didapatkan data konsumsi energi listrik yaitu sebesar 29.781,536 kWh/bulan pada gedung Perkapalan dengan biaya pembayaran listrik sebulan yaitu Rp.21.889.426,96 sedangkan pada gedung Elektro sebanyak 51.576,37 kWh/bulan dengan biaya listrik sebesar Rp.37.908.631,95 perbulan. Adapun rekomendasi perbaikan yang disarankan adalah dengan perbaikan pengelompokkan saklar pada sistem pencahayaan, pengaturan suhu AC yang memenuhi kenyamanan termal, dan pengoperasian AC serta lampu secara efektif. Evaluasi manajemen penggunaan energi listrik yang dilakukan yaitu dengan pengoperasian AC dan lampu penerangan secara efektif memberikan penghematan konsumsi energi listrik sebanyak 8.625,64 kWh/Bulan dan pengurangan biaya listrik sebesar Rp.6.339.845,4 pada gedung Elektro sedangkan pada gedung Perkapalan pengurangan konsumsi energi listrik yang diperoleh yaitu 4.949,545 kWh/Bulan serta penghematan biaya listrik sebanyak Rp.3.637.846,69 perbulan.

Kata kunci: Manajemen Energi, Audit Energi, Penghematan Energi.



ABSTRACT

Muh. Rizal. *Management of Electrical Energy Use in Hasanuddin University Faculty of Engineering Campus Buildings* (guided by Ansar Suyuti and Yusri Syam Akil)

Electrical energy is a form of energy that is very practical and beautiful to use, for example to support lighting and room cooling needs. Energy management is a systematic activity to control energy use with the aim of achieving effective and efficient use of energy in order to obtain maximum savings through the implementation of a series of structured and economical actions. The use of electrical energy continues to increase over time. Therefore, energy management efforts need to be made as a form of effort to increase the efficiency of electrical energy use. This research was carried out at the Unhas Faculty of Engineering campus building, specifically the Electrical and Shipping building. After conducting an audit, data on electrical energy consumption was obtained, namely 29,781,536 kWh/month in the Shipping building with a monthly electricity bill of Rp.21,889,426.96, while in the Electrical building it was 51,576.37 kWh/month with electricity costs of Rp.37,908,631.95 per month. The recommended improvements are to improve the grouping of switches in the lighting system, setting the AC temperature to meet thermal comfort, and operating the AC and lights effectively. Evaluation of the management of electrical energy use carried out, namely by operating air conditioning and lighting effectively, provides savings in electrical energy consumption of 8,625.64 kWh/month and a reduction in electricity costs of Rp.6,339,845.4 in the Electrical building while in the Shipping building the reduction in energy consumption The electricity obtained is 4,949,545 kWh/month and savings on electricity costs of Rp.3,637,846.69 per month.

Keywords: Energy Management, Energy Audit, Energy Savings.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
I.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Manajemen Energi.....	5
2.2 Audit Energi.....	9
2.2.1 Standar Audit Energi.....	9
2.2.2 Prosedur Audit Energi.....	10
Inservasi Energi.....	11
Energi Listrik	11
Pemeriksaan Energi Listrik	12



2.6	Beban Pengkondisian Udara.....	13
2.6.1	Jenis-Jenis Air Conditioner	14
2.6.2	Penentuan Kapasitas AC.....	16
2.6.3	Kenyamanan Termal.....	17
2.7	Beban Penerangan	17
2.8	Intensitas Pencahayaan	19
2.9	Beban Motor Listrik	21
2.10	Penelitian Terkait yang Terdahulu.....	21
 BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Lokasi Penelitian	24
3.2	Waktu Penelitian.....	24
3.3	Bahan dan Alat	24
3.4	Populasi dan Sampel.....	24
3.5	Teknik Pengumpulan Data	25
3.6	Teknik Analisis.....	25
3.7	Diagram Alir Penelitian	27
3.8	Rancangan Penelitian.....	28
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Sumber Energi Listrik Gedung Kampus Fakultas Teknik Unhas	31
4.2	Audit Penggunaan Energi Listrik	33
4.2.1	Konsumsi Energi Listrik Sistem Pencahayaan	33
4.2.2	Hasil Pengukuran Intensitas Pencahayaan Ruangan	44
4.2.3	Konsumsi Energi Listrik Pengkondisian Udara	53
4.2.4	Konsumsi Energi Listrik Beban Motor Listrik.....	62
4.2.5	Konsumsi Energi Listrik Peralatan Elektronik	63
4.2.6	Total Konsumsi Energi Listrik Gedung.....	73
4.3	Rekomendasi Sebagai Upaya Perbaikan Manajemen Energi	76
4.3.1	Perbaikan Pengelompokkan Saklar pada Sistem Pencahayaan	77
	Pengaturan Suhu AC yang Memenuhi Kenyamanan Termal.....	82
	Pengurangan Waktu Operasi Sistem Pencahayaan.....	88
	Pengurangan Waktu Operasi Sistem Pengkondisian Udara	100



4.4 Perbandingan Konsumsi Energi Listrik Sebelum dan Setelah Perbaikan Manajemen Energi	109
BAB V PENUTUP.....	112
5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN.....	116



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komponen AC (Sumber: https://youtu.be/Engineer.TV)	14
Gambar 2. Konstruksi lampu LED (Sumber: www.circuits-diy.com).....	18
Gambar 3. Konstruksi lampu TL (Sumber: infoutama.github.io).....	19
Gambar 4. Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 5. <i>Single line diagram</i> kelistrikan gedung Fakultas Teknik Unhas	32
Gambar 6. Diagram kesesuaian intensitas pencahayaan pada gedung Perkapalan terhadap SNI.....	48
Gambar 7. Diagram kesesuaian intensitas penerangan pada gedung Elektro terhadap SNI.....	53
Gambar 8. Gambar Persentase konsumsi energi listrik gedung Perkapalan	74
Gambar 9. Gambar Persentase konsumsi energi listrik gedung Elektro	75
Gambar 10. <i>Single line diagram</i> lampu penerangan pada lab distribusi dan instalasi listrik	78
Gambar 11. <i>Single line diagram</i> lampu penerangan pada laboratorium mesin-mesin listrik.....	79
Gambar 12. Posisi saklar <i>on</i>	81
Gambar 13. Posisi saklar <i>off</i>	82



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat pencahayaan ruangan untuk lembaga pendidikan berdasarkan SNI Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan	20
Tabel 2. Variabel penelitian	29
Tabel 3. Spesifikasi Generator-set Fakultas Teknik	31
Tabel 4. Konsumsi energi listrik sistem pencahayaan gedung Perkapalan.....	34
Tabel 5. Konsumsi energi listrik sistem pencahayaan gedung Elektro.....	38
Tabel 6. Hasil pengukuran intensitas pencahayaan ruangan pada gedung Perkapalan.....	45
Tabel 7. Hasil pengukuran intensitas pencahayaan ruangan pada gedung Elektro	49
Tabel 8. Konsumsi energi listrik pengkondisian udara AC split pada gedung Perkapalan.....	54
Tabel 9. Konsumsi energi listrik pengkondisian udara AC <i>Cassette</i> pada gedung Perkapalan.....	56
Tabel 10. Konsumsi energi listrik pengkondisian udara AC <i>split</i> pada gedung Elektro.....	57
Tabel 11. Konsumsi energi listrik pengkondisian udara AC <i>Cassette</i> pada gedung Elektro.....	59
Tabel 12. Konsumsi energi listrik beban motor pada gedung Perkapalan.....	62
Tabel 13. Konsumsi energi listrik beban motor pada gedung Elektro.....	63
Tabel 14. Konsumsi energi listrik peralatan elektronik pada gedung Perkapalan	64
Tabel 15. Konsumsi energi listrik peralatan elektronik pada gedung Elektro.....	68
Tabel 16. Total kWh/Bulan pada gedung Perkapalan dan Elektro terhadap pemakaian berbagai peralatan.....	73
Tabel 17. Data hasil pengamatan pengaturan suhu AC pada beberapa ruangan di gedung Elektro dan Perkapalan	83
Tabel 18. Hasil pengamatan lama waktu penggunaan lampu pada beberapa ruangan di Gedung Elektro dan Perkapalan.....	88
Tabel 19. Perhitungan konsumsi energi sistem pencahayaan pada gedung perkapalan dengan pengurangan waktu operasi lampu	89
Tabel 20. Perhitungan konsumsi energi beban penerangan pada gedung elektro dengan pengurangan waktu operasi lampu	94
Tabel 21. Hasil pengamatan lama waktu penggunaan AC pada beberapa ruangan di Gedung Elektro dan Perkapalan	101
Tabel 22. Perhitungan konsumsi energi listrik AC Split pada gedung Perkapalan dengan pengurangan waktu operasi	101
Tabel 23. Perhitungan konsumsi energi listrik AC <i>Cassette</i> pada gedung Perkapalan dengan pengurangan waktu operasi	103
Tabel 24. Perhitungan konsumsi energi listrik AC Split pada gedung Elektro dengan pengurangan waktu operasi	105
Perhitungan konsumsi energi listrik AC <i>Cassette</i> pada gedung Elektro dengan pengurangan waktu operasi	107
Total kWh/Tahun pada gedung Perkapalan dan Elektro terhadap pemakaian berbagai peralatan setelah upaya manajemen energi.....	110



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengukuran intensitas penerangan	116
Lampiran 2 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan Januari	117
Lampiran 3 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan Februari	117
Lampiran 4 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan Maret	118
Lampiran 5 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan April	118
Lampiran 6 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan Mei	119
Lampiran 7 Rekening listrik Fakultas Teknik Unhas bulan Juni	119



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena atas segala pertolongan, rahmat dan ridho-Nya semata sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Manajemen Penggunaan Energi Listrik pada Gedung Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin” sebagai bentuk upaya dalam memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Pendidikan Strata (S1) Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis tentunya menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan penuh hormat mengucapkan terima kasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Mana dan Ibu Hadaria yang senantiasa memanjatkan doa untuk penulis dan memberikan semangat, serta seluruh saudara penulis yang selalu mendukung dan memberikan yang terbaik untuk penulis hingga saat ini.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T selaku Ketua Departemen Teknik Elektro.
3. Bapak Prof. Dr. H. Ansar Suyuti, MT., SH., IPU., ASEAN. Eng, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing II yang tak hentinya membimbing dan memberikan arahan, ilmu, serta masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Zaenab Muslimin, M.T selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dr. Ir. Yustinus Upa Sombolayuk, M.T selaku Dosen Penguji II yang banyak mengarahkan serta memberikan saran dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Group Riset Distribusi Sistem Tenaga dan Instalasi Listrik 2023 yang menjadi kelompok diskusi dalam berbagi saran dan masukan selama pengerjaan skripsi ini.
6. Teman-teman Trigger yang menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan dan banyak memberikan saran serta semangat untuk penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman alumni Spenli yang selalu bersedia mendengarkan setiap keluh dan kesah dari penulis di malam minggu dan tidak pernah berhenti memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis.
8. Segala pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah embantu penulis selama pengerjaan skripsi ini.



Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi serta dapat dijadikan referensi untuk pengembangan yang lebih baik ke
 1. Akhir kata, penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan dan

jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan untuk penulis agar lebih baik lagi ke depannya.

Makassar, 13 Mei 2024


Penulis



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat vital di zaman sekarang ini sehingga hampir tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari. Penggunaan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan berjalannya waktu yang mengakibatkan permintaan terhadap energi listrik juga terus meningkat dibandingkan dengan jenis energi lainnya dimana dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi listrik meningkat dari 174 TWh pada tahun 2012 menjadi 255 TWh pada tahun 2021 (Dewan Energi Nasional, 2022). Faktor yang memengaruhi hal ini di antaranya adalah pertumbuhan jumlah rumah tangga serta peningkatan pendapatan masyarakat sehingga mengakibatkan penggunaan barang elektronik seperti kulkas, mesin cuci, setrika, TV, pendingin, pemanas, lampu dan lain-lainnya juga bertambah.

Salah satu bentuk upaya dari pemerintah dalam rangka penghematan konsumsi energi listrik adalah dengan melakukan tindakan konservasi energi yang diharapkan dapat memberikan pengurangan biaya melalui penerapan strategi manajemen energi. Konservasi energi sendiri dapat diterapkan antara lain dengan pemakaian peralatan hemat energi dalam penyediaan, baik yang bersumber dari energi terbarukan maupun energi tak terbarukan serta terus meningkatkan perilaku hemat energi dalam setiap aspek pemanfaatan energi. Implementasi konservasi energi mencakup audit dan manajemen energi dalam perencanaan dan pengoperasian serta pengendalian penggunaan energi.

Gedung kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa merupakan salah satu fakultas di Universitas Hasanuddin yang berdiri di atas lahan seluas 40 hektare nya dalam pengoperasian sehari-hari membutuhkan energi listrik yang sar dimana daya yang digunakan bersumber dari PLN. Berdasarkan dari listrik bulanan terlihat bahwa konsusmi energi listrik di gedung kampus



Fakultas Teknik Unhas Gowa ini cukup besar, dimana dari pengamatan sehari-hari tak jarang banyak lampu serta AC yang menyala padahal tidak terdapat aktivitas dalam ruangan. Tanpa kita sadari hal-hal kecil seperti demikian yang sering dilakukan telah berdampak terhadap penggunaan energi dan menyebabkan pemakaian berlebih pada energi listrik.

Pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas sendiri masih terdapat banyak pengoperasian atau penggunaan peralatan listrik yang kurang sesuai dengan semestinya, misalnya pada ruangan lab distribusi dan instalasi listrik pada gedung Elektro dimana ruangan lab tersebut awalnya dirancang untuk berfungsi secara keseluruhan akan tetapi terjadi perubahan fungsi ruangan sehingga ruangan lab tersebut dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk area perkuliahan/asistensi dan area praktikum. Pada ruangan lab tersebut terpasang dua buah saklar untuk mengatur lampu penerangan yaitu pada area perkuliahan dan area praktikum, namun ketika perkuliahan/asistensi berlangsung dan saklar pada area perkuliahan diaktifkan maka semua lampu yang terhubung ke saklar tersebut akan menyala baik yang di area kuliah/asistensi maupun area praktikum padahal lampu pada area praktikum tidak dibutuhkan sehingga tidak harus menyala. Hal seperti itu tentunya menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya pemborosan energi yaitu pengoperasian peralatan listrik misalnya lampu padahal tidak diperlukan. Selain itu, penggunaan pengkondisian udara yang kapasitasnya melebihi kebutuhan ruangan juga masih banyak terdapat pada sebagian ruangan pada gedung Elektro sehingga menyebabkan konsumsi energi listriknya juga besar.

Berdasarkan dari uraian di atas, maka perlu dilakukan pengoperasian dan pengelolaan gedung melalui penerapan strategi manajemen energi pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas. Atas pertimbangan tersebut maka penulis tertarik membahas terkait manajemen energi listrik sehingga judul pada penelitian ini adalah *“Manajemen Energi Listrik pada Gedung Kampus Fakultas Teknik as Hasanuddin”*.



I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana melakukan audit penggunaan energi listrik pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas?
2. Bagaimana menganalisis manajemen energi listrik pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas?
3. Seperti apa evaluasi manajemen penggunaan energi listrik untuk meningkatkan penghematan energi pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Melakukan audit penggunaan energi listrik pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas.
2. Menganalisis manajemen energi listrik pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas.
3. Melakukan evaluasi manajemen penggunaan energi listrik untuk meningkatkan penghematan energi pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas.

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan hasil yang nantinya bisa digunakan sebagai solusi untuk penghematan energi listrik pada gedung kampus Fakultas Teknik Unhas sehingga pemakaian energi menjadi lebih hemat dan juga efisien.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan serta pertimbangan oleh pihak auditor energi listrik gedung kampus dalam perencanaan dan pengelolaan energi listrik.



I.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan yang diuraikan akan dibatasi yaitu:

1. Penelitian dilakukan di kampus Fakultas Teknik Unhas tepatnya pada gedung Departemen Teknik Elektro dan Perkapalan yang berlokasi di Jl. Poros Malino Km 6, Kelurahan Romang Lompoa, Kec. Bontomarannu, Kab. Gowa.
2. Perhitungan terhadap konsumsi energi pada beban listrik yang terpasang didasarkan pada kinerja sehari-hari di kampus Fakultas Teknik Unhas yaitu pada gedung Departemen Teknik Elektro dan Perkapalan yang diasumsikan pemakaiannya selama satu bulan.
3. Konsumsi energi listrik pada gedung dihitung berdasarkan rating daya pada name plate dari beban listrik yang terpasang sehingga kualitas listrik seperti tegangan, arus, dan lainnya hanya diperhitungkan pada beban listrik tertentu.
4. Perhitungan terhadap besarnya penghematan energi listrik akan difokuskan pada beban yang mengonsumsi energi listrik terbesar pada gedung.
5. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini mencakup luas bangunan gedung, tagihan listrik PLN, dan *single line diagram* gedung.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Energi

Manajemen energi merupakan suatu kegiatan sistematis untuk mengontrol penggunaan energi dengan tujuan mencapai pemanfaatan energi secara efektif dan efisien guna mendapatkan keluaran yang maksimal melalui penerapan serangkaian tindakan terstruktur serta ekonomis sehingga meminimalisir penggunaan energi termasuk meminimalkan energi dalam proses produksi ataupun mengurangi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung (Erna Kusuma Wati, 2020).

Manajemen energi memiliki tahapan fundamental yang sama dengan tahapan dalam manajemen pada umumnya, namun perbedaannya adalah pada manajemen energi berfokus pada pemakaian atau konsumsi energi serta yang menjadi faktor penentu manajemen energi adalah pelaksanaan audit energi (Ainul Ghurri, 2016). Untuk mengimplementasikan manajemen energi terdapat beberapa langkah yang harus ditempuh yaitu:

- a. Merumuskan kebijakan energi dan tujuannya

Langkah awal yaitu mendeklarasikan kehendak untuk melakukan manajemen energi, lalu menyusun pernyataan kebijakan energi serta membentuk tim atau komite energi lengkap dengan tugasnya masing-masing.

- b. Melakukan audit energi secara mendalam

Tahapan ini merupakan inspeksi atau pemeriksaan terhadap pemakaian energi untuk waktu sebelumnya (*historical review*). Audit energi merupakan faktor penggerak manajemen energi sedangkan yang menjadi fundamental pada audit energi yaitu *historical review* pemakaian energi.

- c. Merumuskan rencana implementasi

Setelah didapatkan data-data kuantitatif dan kualitatif terkait pemakaian energi pada waktu sebelumnya maka yang selanjutnya akan dilakukan adalah mengidentifikasi area yang memberikan peluang penghematan energi serta merumuskan rencana implementasi untuk melaksanakan manajemen energi.



d. Mengevaluasi dan memonitor implementasi manajemen energi

Pada tahap ini yang dilakukan yaitu membandingkan hasil yang telah dicapai berdasarkan tujuan dan sasaran yang ditetapkan sebelumnya.

2.1.1 *Total Quality Management*

Kualitas merupakan tingkat baik buruknya atau taraf sesuatu. Istilah ini banyak digunakan dalam bisnis, rekayasa, dan manufaktur dalam kaitannya dengan teknik dan konsep untuk perbaikan kualitas produk atau jasa yang dihasilkan, seperti TQM. *Total Quality Management* atau Manajemen Kualitas Total merupakan strategi manajemen yang bertujuan untuk menanamkan kesadaran kualitas pada setiap proses dalam organisasi atau perusahaan (Maryam Nadir, 2021).

Total Quality Management merupakan suatu manajemen kualitas dimana yang menjadi fokus utama adalah pelanggan dengan cara melibatkan semua level atau tingkatan karyawan dalam melakukan peningkatan maupun perbaikan secara berkelanjutan. Pada *Total Quality Management* akan lebih cenderung memanfaatkan strategi, komunikasi, dan data yang efektif untuk mengintegrasikan kedisiplinan kualitas dalam kegiatan operasional serta budaya perusahaan. Singkatnya, TQM merupakan sebuah pendekatan manajemen untuk mencapai kesuksesan jangka panjang dengan mengutamakan kepuasan pelanggan (Maryam Nadir, 2021).

Dalam manajemen TQM terdapat delapan elemen pokok (ISO 9001:2008) yaitu sebagai berikut:

- a. Fokus pada pelanggan (*customer focussed*), yang menentukan apakah kualitas suatu produk atau jasa dari perusahaan sudah sesuai dengan tingkatan yang diinginkan adalah pelanggan.
- b. Keterlibatan karyawan secara keseluruhan (*total employee involvement*), agar dapat mencapai tujuan perusahaan diperlukan kontribusi aktif dari semua karyawan sehingga kerja sama tim yang baik sangat penting dalam perusahaan.



- c. Pemusatan perhatian pada proses (*process-centered*), dilakukan guna memaksimalkan proses produksi, pengadaan mesin produksi baru juga dilakukan oleh perusahaan untuk mendapatkan *output* produk dengan tingkat kualitas yang baik.
- d. Sistem yang terintegrasi (*integrated system*), diperlukan agar visi, misi, ataupun strategi perusahaan dapat terkomunikasikan dengan baik kepada setiap karyawan.
- e. Pendekatan strategi dan sistematis (*strategy and systematic approach*), strategi yang dilakukan perusahaan berguna untuk mempermudah tercapainya tujuan dengan merumuskan dan merencanakan strategi perusahaan secara keseluruhan.
- f. Peningkatan yang berkesinambungan (*continual improvement*), agar perusahaan dapat terus bertahan maka perlu adanya peningkatan secara berkelanjutan untuk mengikuti perubahan keadaan pasar agar tetap relevan.
- g. Keputusan berdasarkan fakta (*fact based decision making*), guna memperoleh keputusan yang sesuai dengan fakta di lapangan maka dibutuhkan data-data yang menunjukkan fakta tersebut untuk masa yang berlangsung atau pun pada masa yang akan datang.
- h. Komunikasi (*communications*), komunikasi adalah proses bertukar informasi yang perlu dilakukan dengan baik agar apa yang dimaksud oleh orang yang menyampaikan dapat dipahami dengan baik oleh orang lain.

2.1.2 Manajemen dengan Penerapan Siklus PDCA

Pelaksanaan manajemen energi umumnya dilakukan melalui pendekatan PDCA (*Plan, Do, Check, and Action*) dimana langkah-langkah dalam siklus PDCA untuk sistem manajemen energi yaitu sebagai berikut:

1. *Plan* (Perencanaan)

Pada tahapan ini ditetapkan target penyimpanan energi, menentukan strategi, mengidentifikasi ukuran dan tanggung jawab menyediakan sumber daya yang penting, menyiapkan rencana untuk mendorong partisipasi karyawan serta memerlukan kemampuan kerja sama yang



baik sehingga dapat mengukur dan memastikan penggunaan energi yang lebih minimal dalam kegiatan yang dilaksanakan.

2. *Do* (Pengerjaan)

Menetapkan struktur manajemen guna memelihara proses yang berkelanjutan, melaksanakan peningkatan efisiensi teknologi dan prosedur sehingga didapatkan implementasi perubahan.

3. *Check* (Pemeriksaan)

Melihat kembali tingkat pencapaian target dan efektifitas dari sistem manajemen energi dan mengumpulkan ide-ide menggunakan data untuk menganalisis apakah terdapat perubahan yang berarti.

4. *Action* (Tindakan)

Jika perubahan dianggap sukses, maka implementasi perubahan tersebut dalam skala yang lebih besar untuk mempertahankan hasilnya.

2.1.3 Unsur Penentu pada Fungsi Manajemen

Terdapat enam unsur-unsur yang menjadi penentu dalam pelaksanaan manajemen yang dikenal sebagai 6M yaitu *man, money, materials, methods, dan market* (Erita, 2019). Berikut ini merupakan unsur-unsur manajemen:

1. Manusia (*Man*)

Manusia merupakan unsur manajemen yang paling utama dikarenakan segala sesuatu yang berkaitan dengan perencanaan dan pelaksanaan untuk mencapai suatu tujuan tidak akan pernah lepas dari peran manusia.

2. Metode (*Methods*)

Agar setiap langkah dalam proses manajemen dapat berjalan secara efektif dan efisien maka tentunya diperlukan sebuah metode atau prosedur.

3. Bahan (*Materials*)

Bahan baku menjadi sebuah hal yang ketersediaannya sangat vital dalam proses produksi. Bahan baku merupakan objek yang akan diolah untuk menjadi produk dari perusahaan.

mesin (*Machines*)



Mesin dibutuhkan agar dapat mengolah bahan baku menjadi produk yang memiliki nilai jual. Peralatan dan mesin dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengolahan bahan baku.

5. Uang (*Money*)

Dalam proses manajemen uang sangat diperlukan. Untuk menjalankan aktivitas perusahaan tentunya diperlukan biaya dalam bentuk uang sebagai modal perusahaan.

6. Pasar (*Market*)

Pasar menjadi aspek yang tidak bisa dilupakan dalam proses manajemen dikarenakan setiap produk yang dihasilkan tentunya harus sesuai dengan kebutuhan pasar agar dapat memenuhi permintaan konsumen.

2.2 Audit Energi

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

Secara umum audit energi merupakan upaya untuk mengenali jumlah pemakaian energi serta solusi berupa langkah-langkah yang tepat dalam rangka mendukung terlaksananya konservasi energi pada suatu pengguna energi. Melalui audit energi, penggunaan energi serta keborosan konsumsi energi dapat diketahui untuk selanjutnya dilakukan tindakan yang dibutuhkan guna mengatasi permasalahan energi tersebut sehingga penggunaan energinya lebih efisien (Juli Chandra Teruna, 2019).

2.2.1 Standar Audit Energi

Dalam melaksanakan audit energi terdapat standar yang harus digunakan. Adapun pelaksanaan audit energi di Indonesia mengacu pada Standar Nasional (SNI). Tujuan ditetapkannya sebuah standar audit energi adalah untuk sebagai acuan dalam merancang suatu sistem terkait keenergian pada bangunan gedung.



Standar internasional yang digunakan dalam pelaksanaan audit energi yaitu sebagai berikut:

- SNI 6196-2011; *prosedur audit energi pada bangunan gedung*.
- BOCA, *International energi conservation code 2000*.
- BOMA, *Standard method for measuring floor area in office buildings*.
- ASHRAE, *Standard 90.1: energi efficiency*.

2.2.2 Prosedur Audit Energi

Berdasarkan SNI 03-6196:2011 mengenai Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung, proses audit energi terdiri atas tiga tahapan yaitu sebagai berikut:

a. Audit energi singkat (*walk through audit*)

Audit energi singkat merupakan kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

b. Audit energi awal (*preliminary audit*)

Audit energi awal merupakan kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

c. Audit energi rinci (*detail audit*)

Audit energi rinci merupakan kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit.



2.3 Konservasi Energi

Dalam Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang konservasi energi pasal 1 dijelaskan bahwa konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Konservasi energi wajib dilakukan oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun.

Konservasi energi dapat dilaksanakan melalui penggunaan energi secara efisien tanpa mengurangi manfaat yang didapatkan dengan menggunakan energi yang lebih sedikit atau bisa juga dengan mengurangi pemakaian energi secara berlebihan. Konservasi energi ini adalah salah satu cara yang paling ekonomis untuk mengatasi kekurangan energi serta ramah terhadap lingkungan daripada harus menambah jumlah produksi energi. Konservasi energi dapat mengurangi penggunaan energi dan permintaan energi per kapita sehingga dapat mengatasi peningkatan terhadap kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi (Bambang priyandono, 2013).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang konservasi energi pasal 9, Pelaksanaan konservasi energi mencakup seluruh tahap pengelolaan energi yang meliputi kegiatan:

- Penyediaan energi
- Pengusahaan energi
- Pemanfaatan energi
- Konservasi energi

2.4 Energi Listrik

Energi listrik merupakan besarnya daya listrik yang dipergunakan dalam waktu tertentu. Banyaknya energi listrik yang terpakai pada suatu berbanding lurus dengan perkalian antara tegangan dengan arus (Despa dkk., 2021). Energi listrik secara matematis dapat dituliskan berikut:



$$W = V \times I \times t \quad (1)$$

Dimana:

W = Energi listrik (Joule)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (detik)

Satuan yang digunakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) dalam menentukan banyaknya energi listrik yang terpakai yaitu kiloWatt jam (kWh). 1 (satu) kWh menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik dalam rentang satu jam adalah sebesar 1000 Watt.

2.5 Daya Listrik

Daya listrik merupakan banyaknya energi yang diserap atau dihasilkan pada suatu rangkaian. Sebuah sumber energi seperti tegangan akan menghasilkan daya listrik sementara beban yang terkoneksi dengan sumber tersebut akan menyerap daya listrik yang telah dihasilkan (M. Abdu H. Saifuddin dkk., 2018). Daya listrik adalah energi yang dibutuhkan perangkat listrik untuk dapat beroperasi secara optimal setiap saat. Adapun satuan dari daya listrik yaitu Watt. Semakin tinggi daya pada perangkat listrik maka semakin banyak juga energi yang diserap.

Daya listrik digolongkan menjadi tiga jenis yaitu:

a. Daya aktif

Daya aktif memiliki satuan Watt dan disimbolkan dengan P . Daya ini adalah jenis daya listrik yang pengaruhnya pada suatu beban bisa dirasakan secara nyata, misalnya hidupnya lampu dan dihasilkannya kopel pada motor-motor listrik (M. Abdu H. Saifuddin dkk., 2018). Persamaan matematis untuk daya aktif pada sistem satu fasa adalah :

$$P = V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta \quad (2)$$

ngkan untuk persamaan daya aktif dalam sistem tiga fasa adalah:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta \quad (3)$$



b. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang muncul pada suatu sistem dikarenakan terdapat reaktansi yang bisa berupa reaktansi induktif atau pun reaktansi kapasitif. Reaktansi induktif timbul akibat pada sistem memiliki komponen induktor berupa kumparan yang dililitkan pada suatu inti magnetik sedangkan reaktansi kapasitif muncul disebabkan karena terdapat komponen kapasitor pada sistem (M. Abdu H. Saifuddin dkk., 2018).

Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet dimana dengan terbentuknya medan magnet ini maka akan timbul suatu fluks magnet. Peralatan yang menyerap daya reaktif untuk dapat beroperasi secara normal antara lain adalah transformator, motor-motor listrik, dan lain-lain. Satuan dari daya reaktif ini adalah *Volt Ampere Reactive (VAR)*. Persamaan matematis untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem satu fasa adalah:

$$Q = V_L \cdot I_L \cdot \sin \theta \quad (4)$$

Sedangkan untuk persamaan daya reaktif dalam sistem tiga fasa adalah:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \theta \quad (5)$$

c. Daya semu

Daya semu adalah penjumlahan dari daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dimana satuannya adalah Volt Ampere (VA). Daya semu secara umum banyak digunakan sebagai rating pada *name plate* peralatan listrik seperti transformator, generator, dan mesin listrik lainnya (M. Abdu H. Saifuddin dkk., 2018).

Persamaan matematis dari daya semu yaitu sebagai berikut:

$$S = P + jQ \quad (6)$$

2.6 Beban Pengkondisian Udara



Pengkondisian udara merupakan sebuah proses mendinginkan udara untuk menurunkan temperatur serta kelembaban yang diinginkan terhadap kondisi udara di ruangan, mengatur aliran udara, dan kebersihannya. Pada suatu mesin

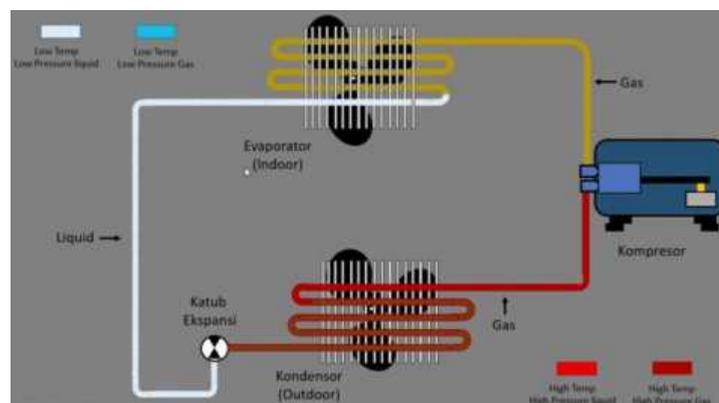
pendingin prinsip kerjanya didasari oleh kenyataan bahwa penguapan zat cair dapat terjadi pada suhu tertentu dengan cara mengubah tekanan di atasnya (Matsuani dan Suwaryo, 2020).

2.6.1 Jenis-Jenis Air Conditioner

Peralatan pengkondisian udara (AC) yang umumnya digunakan pada sebuah gedung terdiri atas:

a. AC Split

AC *Split* merupakan jenis *Air Conditioner* yang paling banyak dipakai di kalangan masyarakat dan biasanya dijumpai pada tempat seperti perkantoran, sekolah, dan perumahan dikarenakan AC *Split* ini adalah sistem pengkondisian udara yang sistem kerjanya sederhana dan banyak dipakai pada ruangan dengan kapasitas kecil atau sedang sesuai dengan kebutuhan (Yudha Hery Istianto dkk., 2022).



Gambar 1. Komponen AC (Sumber: <https://youtu.be/Engineer.TV>)

Gambar 1 menunjukkan komponen utama yang ada pada AC *Split* yang terdiri atas:

- Kompresor (*compressor*)

Kompresor berperan menghisap refrigeran dengan tekanan rendah dari evaporator lalu menghasilkan gas yang tekanannya tinggi untuk kemudian dialirkan ke dalam kondensor.

Kondensor (*condenser*)



Kondensor adalah komponen yang berperan membuang panas dari uap refrigeran dan mengubah gas refrigeran tersebut menjadi bertekanan dan memiliki temperatur tinggi.

- Katup ekspansi (*expansion valve*)

Katup ekspansi merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk menurunkan tekanan dari zat pendingin cair dari yang semula berupa tekanan kondensasi menjadi tekanan evaporasi serta mengontrol aliran zat pendingin ke evaporator.

- Evaporator (*evaporators*)

Hasil akhir dari siklus kerja pada tiap komponen *air conditioner* terdapat pada evaporator dimana di bagian inilah udara dingin yang telah dihasilkan dan diserap oleh kisi-kisi evaporator akan ditiup dan disebarkan ke ruangan oleh motor *blower*.

b. AC Central

AC *Central* adalah sebuah sistem pengkondisian udara dimana proses pendinginan udara dilakukan secara terpusat pada satu titik sebelum kemudian didistribusikan ke setiap ruangan atau lokasi. Komponen yang terdapat pada sistem pengkondisian udara central mencakup unit pendingin (*Chiller*), unit pengatur udara atau *Air Handling Unit* (AHU), *Cooling Tower*, dan pompa sirkulasi (Melya Dyanasari Sebayang, 2019).

- Unit Pendingin (*Chiller*)

Unit pendingin (*chiller*) merupakan mesin refrigerasi yang berperan mendinginkan air di sisi evaporatornya. Air yang telah didinginkan kemudian dialirkan menuju mesin penukar kalor (FCU/*Fan Coil Unit*). Untuk *chiller* dengan sistem kompresi uap, komponennya mencakup kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. Tipe kondensor yang biasa dipakai pada *chiller* adalah *water-cooled condenser*. Air yang digunakan untuk mendinginkan kondensor dialirkan melewati pipa dimana keluarannya selanjutnya akan didinginkan kembali pada *cooling tower* secara *evaporative cooling*. Jika sistem pada komponen evaporator adalah *indirect cooling* (pendinginan tidak langsung), maka fluida yang



didinginkan bukan udara secara langsung melainkan air yang dialirkan melewati sistem pemipaan. Air yang telah didinginkan pada bagian evaporator selanjutnya dialirkan ke sistem penanganan udara (AHU) menuju koil pendingin.

- Unit Pengatur Udara/*Air Handling Unit (AHU)*

Unit penanganan udara bekerja dengan prinsip yaitu menyedot udara dari ruangan (*return air*) lalu mencampurnya dengan udara segar dari lingkungan (*fresh air*) dimana komposisinya dapat diubah sesuai keinginan. Udara yang mengalami pencampuran tersebut kemudian masuk ke AHU melalui filter, *fan* sentrifugal dan koil pendingin. Selanjutnya, setelah temperatur pada udara mengalami penurunan maka akan disebarakan secara merata melalui saluran udara (*ducting*) yang sebelumnya telah dirancang untuk menjangkau setiap lokasi.

- *Cooling Tower (AC Central selain jenis Water Cooler)*

Cooling tower atau menara pendingin merupakan salah satu komponen utama pada *chiller*, AHU, dan *ducting* yang berfungsi mendinginkan air panas dari kondensor melalui kontak langsung terhadap udara secara konveksi dengan media kipas/*fan*. *Cooling tower* memiliki konstruksi yang mencakup sistem perpipaan yang memiliki banyak *nozzle*, *fan/blower*, bak penampung, dan casing.

- Pompa sirkulasi

Terdapat dua macam pompa sirkulasi, yakni pompa sirkulasi air dingin (*Chilled Water Pump*) yang mensirkulasikan air dingin dari *chiller* menuju koil pendingin AHU/FCU dan pompa sirkulasi air pendingin (*Condenser Water Pump*) yang hanya dipakai pada *chiller* jenis *water cooled* dimana fungsinya adalah mensirkulasikan air pendingin dari kondensor *chiller* menuju *cooling tower* dan seterusnya.



Penentuan Kapasitas AC

am menentukan ukuran AC yang benar disesuaikan dengan kapasitas AC (*Paard Kracht*). Istilah kapasitas/PK AC sendiri biasa juga disebut

sebagai *horse power* atau tenaga dari AC. Persamaan yang digunakan untuk menghitung PK/kapasitas AC yang diperlukan:

$$\text{Luas Ruangan (m}^2\text{)} \times 500 \text{ Btu/h} \quad (7)$$

Kalkulasi di atas berasumsi apabila tinggi ruangan antara 2,5-3 meter.

Berikut merupakan bagan konversi PK:

½ PK	= 5000 Btu/h (ukuran ruangan 10 m ²)
¾ PK	= 7000 Btu/h (ukuran ruangan 14 m ²)
1 PK	= 9000 Btu/h (ukuran ruangan 18 m ²)
1 ½ PK	= 12000 Btu/h (ukuran ruangan 24 m ²)

2.6.3 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal merupakan sebuah hal yang berkaitan dengan kondisi suhu ruangan yang nyaman bagi manusia dimana suhu udara menjadi faktor yang paling mempengaruhi kondisi nyaman manusia. Standar kenyamanan termal untuk suhu yang digunakan berdasarkan SK SNI T-14-1993-03 tentang kenyamanan termal pada bangunan untuk orang Indonesia yaitu:

- Sejuk nyaman, suhu efektif 20,8°C-22,8°C
- Nyaman optimal, suhu efektif 22,8°C-25,8°C
- Hangat nyaman, suhu efektif 25,8°C-27,1°C

2.7 Beban Penerangan

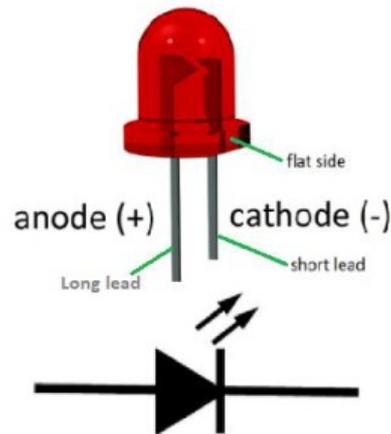
Kegiatan pada suatu ruangan salah satunya dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan baik yang bersumber dari lampu maupun dari pencahayaan alami. Oleh karena itu, sistem penerangan memiliki peran cukup penting pada sebuah gedung terutama yang minim pencahayaan alaminya. Secara umum lampu yang biasa digunakan untuk sistem penerangan dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

- LED (*Light Emitting Diode*)

(*Light Emitting Diode*) adalah sebuah jenis dioda yang dibangun dari semikonduktor dan memiliki dua buah kutub yaitu kutub positif (P)



yang biasa disebut anoda dan kutub negatif (N) yang biasa disebut katoda. Konstruksi dari lampu LED dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Konstruksi lampu LED (Sumber: www.circuits-diy.com)

Pada gambar 2, terlihat bahwa kutub anoda (positif) memiliki kaki yang lebih panjang dibandingkan kutub katodanya (negatif) dimana hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengguna mengidentifikasi polaritasnya. Adapun prinsip kerja dari sebuah LED yaitu apabila diberikan bias maju (*forward bias*) dari anoda menuju ke katoda, maka LED akan memancarkan cahaya dikarenakan elektron yang berlebih pada pada sisi *N type* akan bergerak ke bagian yang memiliki kelebihan muatan positif yakni pada sisi *P type*. Ketika elektron ini bertemu dengan hole akan terjadi pelepasan photon sehingga memancarkan cahaya monokromatik (Faiz Husnayain dkk., 2023).

LED merupakan salah satu jenis lampu yang memiliki tingkat ketahanan lebih baik dibanding lampu tabung biasa. Daya tahan lampu LED 60 kali lebih lama dibanding lampu pijar dan 10 kali lebih lama dibandingkan dengan lampu TL. Oleh karena itu, dari segi harga lampu LED jauh lebih mahal dari jenis lampu lainnya (Bambang Priyandono, 2013).

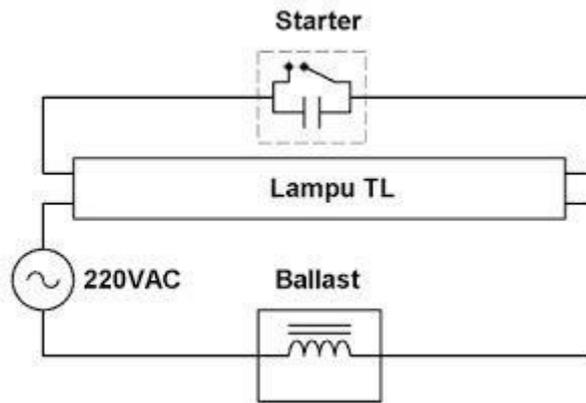
b. Lampu TL

Lampu TL merupakan salah satu jenis lampu pelepasan gas yang berbentuk

1g. Lampu TL bekerja berdasarkan prinsip yaitu berpendarnya radiasi violet pada suatu permukaan yang memiliki lapisan *fluorescent*. Radiasi violet tersebut dapat muncul ketika terjadi tumbukan antara atom-atom



yang ada pada tabung dengan elektron bebas hasil emisi elektron pada elektroda (Bambang Priyandono, 2013). Gambar 3 di bawah ini merupakan konstruksi dari lampu TL yang umum diketahui.



Gambar 3. Konstruksi lampu TL (Sumber: infoutama.github.io)

Dari gambar 3, ketika lampu diberi suplai tegangan 220 Volt maka starter akan berubah kondisi dari *open* menjadi *close* yang kemudian akan memanaskan elektroda-elektroda pada ujung lampu. Namun, tegangan 220 Volt ini belum bisa membuat lampu TL menyala. Selanjutnya ketika tegangan pada ballast sudah mencapai 400 Volt maka elektroda yang tadinya telah dipanaskan oleh *starter* kemudian melepaskan elektron dan bertumbukan dengan atom-atom gas yang ada pada tabung lampu. Interaksi tersebut akan menghasilkan radiasi ultraviolet namun belum bisa dilihat oleh mata manusia sehingga diperlukan lapisan posfor pada tabung lampu untuk mengubah cahaya ultraviolet tersebut menjadi cahaya tampak yang dapat dilihat manusia.

2.8 Intensitas Pencahayaan

Intensitas pencahayaan yang sesuai standar pada suatu ruangan sangat diperlukan untuk menunjang segala aktivitas yang ingin dilakukan pada ruangan tersebut. Intensitas pencahayaan pada suatu ruangan biasanya dinyatakan dalam



lux. Banyaknya lux menunjukkan seberapa besar cahaya yang sampai ke bidang atau objek terhadap cahaya yang dihasilkan oleh lampu atau cahaya. Setiap ruangan memiliki nilai standar lux yang berbeda

tergantung dari fungsi ruangan tersebut. Nilai standar lux untuk berbagai macam ruangan dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 1. Tingkat pencahayaan ruangan untuk lembaga pendidikan berdasarkan SNI Tahun 2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Minimum Lux
Ruang kelas	350
Ruang baca perpustakaan	350
Laboratorium	500
Ruang praktek komputer	500
Ruang laboratorium bahasa	300
Ruang guru	300
Ruang olahraga	300
Ruang gambar	750
Ruang auditorium	300
Lobby	100
Tangga	100
Ruang kerja	200

Berdasarkan SNI 16-7062 Tahun 2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja, penentuan titik pengukuran terbagi atas dua jenis yaitu:

1. Penerangan setempat: pengukuran dilakukan pada objek kerja misalnya meja kerja atau peralatan.
2. Penerangan umum: pengukuran dilakukan pada setiap titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak tertentu dengan tinggi di atas lantai yaitu satu meter.

tertentu tersebut terbagi berdasarkan luas dari ruangan yaitu:



- Luas ruangan kurang dari 10 meter persegi: pengukuran dilakukan pada titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak setiap 1 meter.
- Luas ruangan antara 10-100 meter persegi: pengukuran dilakukan pada titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak setiap 3 meter.
- Luas ruangan di atas 100 meter persegi: pengukuran dilakukan pada titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak setiap 6 meter.

2.9 Beban Motor Listrik

Beban motor listrik banyak digunakan pada suatu gedung seperti pada *lift*, kompresor, dan peralatan lainnya. Motor listrik sendiri merupakan sebuah mesin listrik dinamis yang dapat mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa putaran. Perubahan bentuk energi ini dapat terjadi melalui perubahan energi listrik menjadi magnet yang disebut elektro magnet. Dikarenakan magnet memiliki sifat yakni kutub yang sama akan saling tolak-menolak sedangkan kutub yang berbeda saling tarik-menarik maka dapat diperoleh gerakan jika sebuah magnet ditempatkan pada suatu poros yang dapat berputar dan magnet lainnya tetap pada kedudukannya.

2.10 Penelitian Terkait yang Terdahulu

Pada bagian ini dipaparkan ringkasan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Berikut adalah beberapa penelitian yang terkait dengan judul yang penulis jadikan sebagai pedoman.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Fazri Sunardi Desky dkk (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Intensitas Konsumsi Energi Listrik dan Peluang Hemat Energi pada Gedung A, B, dan M di Kampus Universitas Panca Budi”. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif asuk dalam jenis penelitian deskriptif. Adapun hasil dari penelitian ini analisa Peluang Penghematan Energi untuk pencahayaan dengan total Rp.



823.697 pada gedung A, B, dan M mendapat efisiensi sebesar 22% yang sebelumnya Rp. 2.936.825 sedangkan Analisa Peluang Penghematan Energi AC dengan total Rp. 8.720.947 pada Gedung A, B, dan M mendapat efisiensi sebesar 34% dari yang sebelumnya Rp. 25.886.610. Berikut merupakan beberapa poin penting dari penelitian ini:

1. Yang menjadi objek pada penelitian ini adalah gedung kampus.
2. Metode pendekatan yang digunakan pada penelitian yakni metode analisis deskriptif kuantitatif.
3. Penelitian ini hanya menghitung penggunaan daya pada sistem pencahayaan dan pengkondisian udara (AC).

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Seno Riyadi (2018) yang berjudul “Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Pencahayaan dan Air Conditioning di Gedung Graha Mustika Ratu”. Pada penelitian tersebut, analisis pengolahan data dilakukan menggunakan analisis deskriptif sedangkan analisis IKE dan identifikasi peluang konservasi energi melalui pendekatan finansial assesment. Adapun hasil dari penelitian tersebut yaitu dari audit awal didapatkan IKE sebesar 22,70 kWh/m²/bulan dan apabila PHE yang direkomendasikan diimplementasikan akan diperoleh penghematan sebesar 16.724,51 kWh dalam satu bulan dengan IKE yakni 21,94 kWh/m²/bulan. Adapun beberapa poin penting dari penelitian ini yaitu:

1. Metode analisis yang digunakan adalah menggunakan analisis deskriptif.
2. Objek yang diteliti yaitu mencakup sistem penerangan dan pengkondisian udara.
3. Pada penelitian ini subjek yang diteliti adalah gedung perkantoran.
4. Variabel yang diubah pada penelitian ini mencakup variabel I dan t. Variabel I dimanipulasi melalui penggantian lampu sistem penerangan dengan jenis lampu LED sedangkan variabel t yaitu dengan mengurangi jam operasional kondisi udara.



Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Ainun Zakiyah dkk (2018) yang berjudul “Manajemen Energi Penggunaan Pendingin Udara pada Gedung Perkantoran Universitas Islam Malang”. Pada penelitian ini manajemen energi menggunakan pendekatan PDCA dimana efisiensi energi dilakukan melalui pengurangan waktu penggunaan AC dengan demikian pemakaian energi menjadi berkurang. Adapun beberapa poin penting dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Program manajemen energi yang digunakan pada penelitian ini yaitu melalui pendekatan PDCA.
2. Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan menggunakan metode analisis deskriptif
3. Objek yang diteliti pada penelitian ini hanya mencakup pengkondisian udara (AC).
4. Variabel yang diubah pada penelitian ini yaitu variabel t dengan pengurangan jam penggunaan pengkondisian udara (AC).

