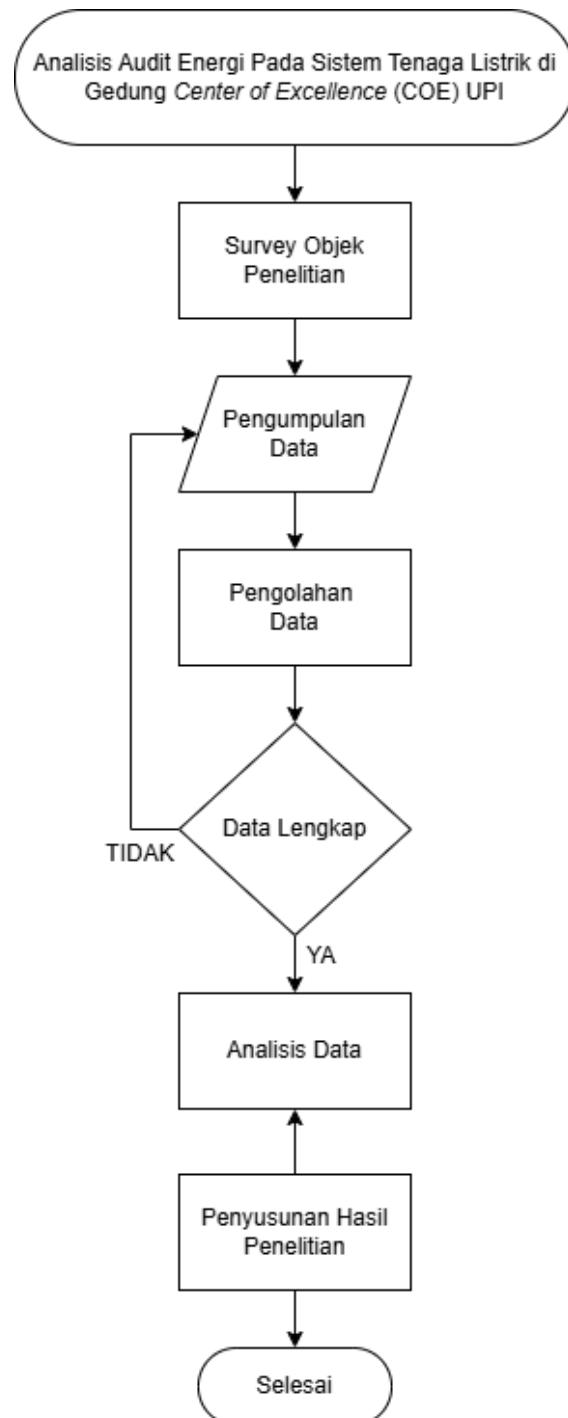


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Desain Penelitian

Analisis Audit Energi Pada Sistem Tenaga Listrik di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang sistematis, sesuai dengan standar SNI ISO 50002-2014 dan SNI 6196-2011. Diagram alir menggambarkan bahwa proses dimulai dengan Survei Objek Penelitian, yang berfungsi sebagai tahap pertama untuk mendapatkan gambaran umum bangunan dan sistem kelistrikan yang akan diaudit, termasuk identifikasi fitur-fitur bangunan, sistem pencahayaan, dan sistem tata udara.

Tahap pertama audit energi menekankan pada Pengumpulan Data, termasuk pola penggunaan energi historis yang berasal dari tagihan listrik bulanan dan penilaian visual sistem kelistrikan gedung. Data historis tersebut kemudian dilanjutkan ke tahap Pengolahan Data untuk memastikan tren konsumsi energi, beban puncak, dan estimasi Intensitas Konsumsi Energi (IKE) awal. Teknik evaluasi visual pada tahap ini memfasilitasi identifikasi daerah yang mungkin mengalami inefisiensi energi.

Setelah menyelesaikan pemrosesan data, penelitian ini mencapai titik kritis untuk memastikan adanya potensi penghematan energi. Setelah mengidentifikasi peluang penghematan (“YA”), investigasi dapat langsung dilanjutkan ke tahap Hasil investigasi, disertai dengan saran-saran terkait. Namun, jika tidak ada kemungkinan besar yang terdeteksi (“TIDAK”), studi akan berlanjut ke tahap berikutnya yaitu Analisis Data yang lebih ekstensif.

Tahap kedua dari audit energi meliputi analisis data yang komprehensif melalui pengukuran langsung menggunakan instrumen seperti lux meter dan *termo-hygrometer*, di samping analisis korelasi antara luas bangunan dan penggunaan energi. Proses ini meliputi perhitungan komprehensif konsumsi energi bulanan, penilaian beban puncak, evaluasi IKE dalam kaitannya dengan standar nasional, dan identifikasi peluang penghematan energi yang ditargetkan, disertai dengan analisis kelayakan teknis dan ekonomi dari setiap rekomendasi efisiensi.

Proses audit energi diakhiri dengan penyusunan Hasil Penelitian yang mensintesis hasil dari kedua tahap audit, disertai dengan saran-saran

penghematan energi yang relevan dan berkelanjutan. Laporan akhir ini memberikan penilaian menyeluruh terhadap efisiensi energi dari fasilitas COE UPI, bersama dengan ide-ide untuk mengoptimalkan konsumsi energi untuk memenuhi tujuan efisiensi energi sesuai dengan peraturan yang relevan. Teknik audit energi yang digunakan menawarkan kerangka kerja yang sistematis untuk mengidentifikasi dan menilai kemungkinan penghematan energi di dalam fasilitas.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI di Bandung (Gambar 3.2) merupakan tempat penting dalam kemajuan UPI sebagai Pusat Keunggulan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, sebagaimana yang disyaratkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Tahap awal *Civil Work* UPI meliputi pembangunan struktur ini. Berdasarkan denah yang didapatkan dan dilakukan perhitungan, luas bangunan Gedung COE UPI memiliki luas $12.379m^2$. Pusat Unggulan ini bertanggung jawab atas peningkatan kualitas program studi yang ada saat ini dan pengembangan program studi baru yang sesuai dengan kebutuhan industri 4.0. Selain itu, tempat ini juga berfungsi sebagai pusat pendidikan guru kejuruan dan pelatihan profesional, lembaga sertifikasi profesional, dan Pusat Penelitian TVET. Selain itu, struktur ini juga memfasilitasi pertumbuhan Inkubator Bisnis dan *Teaching Factory*. Penelitian ini dilakukan dengan rentan waktu 30 hari.



Gambar 3.2 Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI

Sumber: <https://activity.kompas.com/>

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam studi audit energi di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI dibuat dengan cermat untuk mendapatkan data yang relevan dan tepat, sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Formulir audit energi yang terstruktur dan alat pengukuran teknis digunakan untuk menganalisis kesesuaian sistem tenaga listrik, menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE), dan memberikan rekomendasi strategis. Hal ini menjamin keandalan data yang dikumpulkan untuk penilaian efisiensi energi yang menyeluruh.

Formulir audit energi adalah instrumen utama untuk pengumpulan data, dan disusun sesuai dengan SNI ISO 50002-2014 sebagai pedoman audit energi dan SNI 6196-2011 untuk perhitungan IKE. Formulir ini terdiri dari beberapa bagian utama, termasuk data umum bangunan (luas bangunan, jumlah lantai, dll.), data beban listrik (daya terpasang dan faktor daya), data sistem pencahayaan (jenis lampu, jumlah lampu, intensitas pencahayaan), dan data sistem pendingin (jenis AC, kapasitas, suhu).

Selain formulir, alat ukur teknis juga digunakan untuk memperoleh data yang lebih tepat dan terperinci. Alat-alat tersebut meliputi lux meter, yang digunakan untuk mengukur intensitas pencahayaan; *Thermo-Hygrometer*, yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Penggunaan instrumen pemantauan ini menjamin bahwa data yang diperoleh akurat dan dapat diandalkan untuk analisis selanjutnya.

Instrumen penelitian ini diantisipasi untuk menghasilkan data yang komprehensif dan relevan untuk mencapai tujuan penelitian dengan mengintegrasikan formulir audit energi yang terstruktur dengan alat pengukuran teknis yang tepat. Data yang terkumpul akan dianalisis untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi, menghitung IKE, dan memberikan rekomendasi strategis untuk meningkatkan efisiensi energi listrik di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI. Hal ini sesuai dengan upaya nasional untuk mengurangi emisi karbon dan mendorong pengelolaan energi

yang berkelanjutan, sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Presiden No. 14 Tahun 2024.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Audit energi yang efisien membutuhkan pemeriksaan komprehensif terhadap dokumentasi standar, arahan teknologi, dan undang-undang hukum. Hal ini menjamin bahwa audit dilakukan secara menyeluruh, mencakup semua elemen terkait, dan sepenuhnya mematuhi kerangka kerja hukum yang diperlukan. Dokumen yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- **SNI ISO 50002-2014:** Kerangka kerja audit energi (keterlibatan organisasi, penilaian fasilitas, analisis energi, rencana pengurangan konsumsi).
- **SNI 6196-2011:** Prosedur audit energi pada bangunan gedung di Indonesia.
- **Perpres No. 14 Tahun 2024:** Kebijakan pemerintah tentang efisiensi energi.
- **Permen ESDM No. 13 Tahun 2012:** Standar kinerja energi minimum dan sistem manajemen energi.
- **PUIL 2011:** Standar instalasi listrik (keselamatan dan efisiensi).

Dalam melaksanakan audit energi ini, kami mengacu pada serangkaian regulasi dan standar yang menjadi fondasi utama dalam proses analisis dan evaluasi, yaitu:

- **Permen ESDM No. 13 Tahun 2012:** Penghematan pemakaian tenaga listrik.
- **Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2014:** UPI sebagai PTN Badan Hukum.
- **Gedung COE UPI:** Gedung Badan Hukum Milik Negara (BHMN), termasuk dalam ruang lingkup penghematan tenaga listrik (Bab I pasal 2 poin b Permen ESDM No. 13 Tahun 2012).

Pembuatan formulir audit energi pada Gambar 3.3 digunakan untuk melakukan audit energi di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI. Formulir ini dikembangkan sesuai dengan SNI ISO 50002-2014, SNI 6196-2011, Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012, dan PUIL 2011, dan mencakup data umum gedung, beban listrik, sistem pencahayaan, dan sistem pendinginan.

Form Audit Energi Gedung Center of Excellence (COE) UPI																																						
A. Data Umum Gedung																																						
1. Informasi Gedung																																						
• Nama Gedung	:																																					
• Alamat	:																																					
• Luas Total	:																																					
• Jumlah Lantai	:																																					
• Jam Operasional	:																																					
2. Data kelistrikan																																						
• Daya Terpasang	:																																					
• Jenis Tarif	:																																					
• Tegangan Supply	:																																					
B. Pengukuran Beban Listrik																																						
Panel Utama																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tegangan (V)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Arus (A)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>$\cos \varphi$</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Daya Aktif (kW)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Daya Semu (kVA)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>THD-V (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>THD-I (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							Parameter	R	S	T	Tegangan (V)				Arus (A)				$\cos \varphi$				Daya Aktif (kW)				Daya Semu (kVA)				THD-V (%)				THD-I (%)			
Parameter	R	S	T																																			
Tegangan (V)																																						
Arus (A)																																						
$\cos \varphi$																																						
Daya Aktif (kW)																																						
Daya Semu (kVA)																																						
THD-V (%)																																						
THD-I (%)																																						
C. Pengukuran Pencahayaan																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Lokasi</th> <th>Jenis Lampu</th> <th>Daya (W)</th> <th>Jumlah</th> <th>Lux Terukur</th> <th>Standar Lux</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							No.	Lokasi	Jenis Lampu	Daya (W)	Jumlah	Lux Terukur	Standar Lux	1.							2.																	
No.	Lokasi	Jenis Lampu	Daya (W)	Jumlah	Lux Terukur	Standar Lux																																
1.																																						
2.																																						
D. Pengukuran Sistem Pendingin																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Lokasi</th> <th>Merk</th> <th>Kapasitas (PK)</th> <th>Daya (W)</th> <th>Suhu Set</th> <th>Suhu Ruangan</th> <th>RH (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							No.	Lokasi	Merk	Kapasitas (PK)	Daya (W)	Suhu Set	Suhu Ruangan	RH (%)	1.								2.															
No.	Lokasi	Merk	Kapasitas (PK)	Daya (W)	Suhu Set	Suhu Ruangan	RH (%)																															
1.																																						
2.																																						

Gambar 3.3 Form Audit Energi Gedung COE UPI

3.4.2 Tahap Audit Energi Awal

Tahap audit energi awal bertujuan untuk memahami secara menyeluruh profil konsumsi energi di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI. Proses ini dirancang untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pola konsumsi energi historis, sehingga dapat mengidentifikasi area-area potensial yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan, dengan melalui proses inspeksi visual, perhitungan, dan pengumpulan data sistematis. Audit energi awal memiliki tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan Data Historis:

- a. **Data yang Dikumpulkan** terdiri dari tagihan listrik selama periode penelitian, total konsumsi energi (kWh), perkiraan biaya energi (Rp) (berdasarkan perhitungan), dan faktor daya.

b. Analisis Data Historis:

- Mengidentifikasi pola konsumsi energi dari waktu ke waktu.
- Menghitung total biaya energi selama periode tersebut.
- Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi.
- Memahami fluktuasi konsumsi.

2. Penentuan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Awal:

a. Perhitungan IKE:

- Mengumpulkan data luas bangunan Gedung COE UPI.
- Menghitung IKE: Total konsumsi energi / Luas bangunan.

b. Evaluasi Kinerja Energi:

- Membandingkan IKE dengan standar nasional atau nilai referensi.
- Menganalisis tren konsumsi energi (peningkatan atau penurunan efisiensi).

3. Inspeksi Visual:

a. Area Inspeksi:

- Instalasi listrik.
- Sistem pencahayaan, yang terdiri dari jenis, kondisi, dan jumlah lampu yang digunakan.
- Sistem ventilasi, yang terdiri dari kondisi alat pembersih udara, sistem ventilasi, dan insulasi termal.

b. Identifikasi Potensi Pemborosan Energi:

- Lampu menyala saat tidak diperlukan.
- Kebocoran udara pada sistem ventilasi.
- Peralatan beroperasi tidak efisien.

Temuan dari audit energi awal memberikan dasar untuk audit energi yang komprehensif. Hasil dan data yang diperoleh selama tahap pertama ini memberikan informasi penting yang diperlukan untuk melakukan pengukuran yang lebih tepat dan analisis yang komprehensif. Fase selanjutnya dari proses audit energi akan lebih terfokus dan efisien, menjamin penilaian penggunaan energi yang komprehensif untuk menentukan potensi penghematan maksimum.

3.4.3 Tahap Audit Energi Rinci

Audit energi yang komprehensif dilakukan di Gedung *Center of Excellence* (COE) UPI untuk menentukan potensi penghematan energi tertentu, termasuk pengumpulan data yang cermat melalui pengukuran langsung, analisis yang menyeluruh, dan perumusan saran teknis yang ditargetkan. Tahap ini sangat penting sebagai dasar pengambilan keputusan dalam inisiatif konservasi energi.

1. Pengumpulan Data dan Evaluasi Sistem:

a. Pengumpulan Data Beban Listrik yang mencakup analisis data tegangan dan arus, faktor daya, serta daya aktif dan sumbu.

b. Evaluasi Sistem:

- Pengukuran intensitas pencahayaan (memastikan standar terpenuhi).

- Analisis efektivitas AC (pengukuran suhu dan daya).
- Pengukuran suhu dan kelembaban (kenyamanan termal).
- Evaluasi distribusi beban.

2. Analisis Data dan Rekomendasi:

- a. Analisis Pencahayaan
- b. Perhitungan IKE Akhir (perhitungan IKE yang lebih tepat).
- c. Identifikasi Peluang Penghematan Energi dengan contoh, penghematan penggunaan ketika ruangan tidak pakai.
- d. Rekomendasi Teknis yang disusun secara terperinci, termasuk perkiraan biaya dan potensi penghematan energi.

3. Analisis Kelayakan Implementasi:

Sebuah studi kelayakan dilakukan untuk menilai keuntungan dan biaya dari setiap proposal yang berasal dari audit energi. Pendekatan ini mempertimbangkan berbagai aspek penting, termasuk pengeluaran modal awal, biaya operasional yang berkelanjutan, proyeksi masa pakai peralatan, dan kemungkinan penghematan energi. Kesimpulan dari analisis ini menginformasikan prioritas implementasi, menjamin alokasi sumber daya yang tepat untuk penghematan energi terbaik.

Puncak dari proses audit energi adalah pembuatan laporan audit energi yang terperinci. Dokumen ini memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait pelaksanaan program konservasi energi yang efektif. Dengan data yang terorganisir dan rekomendasi yang eksplisit, laporan ini memberdayakan para pemangku kepentingan untuk membuat pilihan berdasarkan informasi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.5.1 Data Primer

Pengumpulan data primer untuk penelitian ini dilakukan di Gedung *Center of Excellence (COE)* UPI dengan menggunakan tiga metode

utama. Pertama, pengukuran langsung dilakukan dengan menggunakan instrumen yang telah dikalibrasi, antara lain, Lux Meter untuk mengukur intensitas pencahayaan, dan *Thermo-Hygrometer* untuk mengukur temperatur dan kelembaban ruangan.

Observasi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan sistematis terhadap sistem kelistrikan, kondisi peralatan, dan pola konsumsi energi di dalam gedung. Inspeksi visual terhadap panel-panel listrik, sistem penerangan, sistem pengkondisian udara, dan peralatan listrik lainnya yang beroperasi di dalam gedung dilakukan dengan menggunakan formulir audit energi yang telah disiapkan.

Pengumpulan dan analisis dokumen, seperti gambar denah bangunan, *one line diagram* sistem kelistrikan, dan spesifikasi teknis peralatan, merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh dokumentasi teknis. Dokumentasi ini sangat penting untuk pengembangan strategi pengukuran yang efektif dan pemahaman karakteristik sistem kelistrikan gedung.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber dokumentasi yang berada di Gedung COE UPI dan lembaga-lembaga terkait. Pola konsumsi energi dan pengeluaran energi yang didapatkan dari MDP gedung COE UPI yang dianalisis dan dilakukan perhitungan matematis selama 30 hari. Data luas bangunan diperoleh dari bagian fasilitas UPI untuk menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE).

Standar dan peraturan berikut ini digunakan sebagai referensi: SNI ISO 50002-2014 tentang audit energi, SNI 6196-2011 tentang prosedur audit energi pada bangunan gedung, Peraturan Menteri ESDM No. 13 tahun 2012 tentang penghematan energi, dan PUIL 2011. Kerangka kerja dan parameter yang diperlukan untuk melakukan audit energi yang lengkap diuraikan dalam dokumen-dokumen ini.

Sangat penting untuk memperoleh dan menganalisis data sekunder ini untuk memastikan bahwa audit energi dilakukan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku, serta untuk memberikan konteks historis dan peraturan untuk penggunaan energi di gedung. Data ini juga berfungsi sebagai dasar untuk pengembangan rekomendasi yang disesuaikan dengan kebutuhan bangunan dan identifikasi peluang penghematan energi.

3.6 Teknik Analisis Data

Audit energi merupakan langkah penting untuk mencapai efisiensi energi dan mematuhi peraturan pemerintah. Tujuan analisis data dalam audit energi adalah untuk menemukan potensi penghematan, memvalidasi kinerja energi gedung, dan memastikan kepatuhan terhadap Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012. Prosedur ini melibatkan serangkaian pendekatan metodis dan terorganisir.

Langkah pertama adalah mengumpulkan data terkait. Data konsumsi energi, termasuk total kilowatt-jam yang digunakan dalam jangka waktu satu minggu, dikumpulkan melalui sistem monitoring energi gedung. Selain itu, data teknis juga dikumpulkan, termasuk luas bangunan, jumlah lantai, dan lain-lain. Informasi tentang keadaan operasi, termasuk suhu ruangan dan sistem pencahayaan, melengkapi data yang diperlukan.

Setelah pengumpulan data, penekanan utama bergeser ke penghitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Pemeriksaan sistem AC meliputi penilaian efektivitas AC, dan pengaturan suhu yang sesuai dengan standar SNI. Jadwal pengoperasian AC disesuaikan untuk menonaktifkan sistem saat ruangan tidak dihuni. Perawatan rutin sangat penting untuk menjamin fungsi yang maksimal.

Opsi penghematan energi telah ditemukan melalui analisis data. Hal ini dapat mencakup penggantian peralatan yang sudah tidak efektif untuk digunakan dengan alternatif yang lebih efisien, meningkatkan insulasi bangunan, mengoptimalkan jadwal operasional peralatan, atau memodifikasi

perilaku pengguna. Potensi penghematan energi dan biaya dari setiap tindakan dinilai dan diberi peringkat.

Laporan audit energi dibuat, termasuk hasil analisis, saran, dan perhitungan kemungkinan penghematan. Setelah penerapan langkah-langkah penghematan energi, penggunaan energi sering kali diukur untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Modifikasi diterapkan sesuai kebutuhan untuk mencapai tujuan penghematan yang ditentukan.