

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Listrik

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (usaha). Energi adalah kuantitas yang abadi. Ini berarti bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Satuan energi dalam Satuan Internasional (SI) adalah joule. Energi listrik atau arus merupakan salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan oleh peralatan listrik, yaitu energi yang tersimpan dalam arus (ampere/A) dan tegangan (volt/V) yang digunakan pada motor, lampu, dan pemanas, sehingga menghasilkan bentuk energi lain dalam satuan watt (W) yang digunakan untuk menggerakkan peralatan mekanis. Tenaga listrik mengoperasikan peralatan rumah tangga, peralatan kantor, mesin industri, kereta api, penerangan umum, pemanas, memasak, dan banyak lagi (Saragih, 2023).

Dalam konteks gedung kampus, penggunaan energi listrik umumnya dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor seperti jumlah perangkat elektronik yang digunakan, waktu penggunaan, dan intensitas penggunaan sangat berpengaruh terhadap total konsumsi energi. Sebagai contoh, ruang kelas dan laboratorium yang memiliki banyak perangkat elektronik seperti proyektor, komputer, dan sistem pendingin udara akan menggunakan lebih banyak energi dibandingkan dengan ruang kantor yang lebih sedikit menggunakan perangkat elektronik. Pemantauan penggunaan energi listrik di kampus sangat penting untuk mengidentifikasi potensi penghematan dan untuk merencanakan pengelolaan energi yang lebih efisien (Suwarjono et al, 2025).

Salah satu masalah yang dihadapi oleh banyak kampus adalah tingginya biaya operasional yang disebabkan oleh pemborosan energi listrik. Pemborosan energi sering terjadi di gedung-gedung kampus akibat pengaturan suhu yang tidak efisien, serta penggunaan peralatan elektronik yang tidak dimatikan setelah digunakan. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis pola penggunaan energi listrik secara lebih mendalam agar dapat merancang strategi penghematan yang lebih efektif.

2.1.1 Daya Listrik

Daya listrik adalah besaran yang menyatakan laju perpindahan energi listrik per satuan waktu. Daya listrik dilambangkan dengan huruf P dan dinyatakan dalam satuan watt (W) atau kilowatt (kW). Secara matematis, daya listrik dihitung menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

di mana:

V adalah tegangan listrik dalam volt (V)

I adalah kuat arus listrik dalam ampere (A).

Pada peralatan listrik arus bolak-balik (AC), daya dibedakan menjadi daya aktif (watt), daya reaktif (VAR), dan daya semu (VA). Daya aktif adalah daya yang benar-benar digunakan untuk menghasilkan kerja nyata, sedangkan daya reaktif merupakan daya yang diserap oleh komponen induktif atau kapasitif dan tidak menghasilkan kerja berguna (Yuniarto & Eko Ariyanto, 2018).

Satuan energi listrik yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan pada sistem kelistrikan gedung adalah kilowatt-hour (kWh). Satu kWh setara dengan

energi sebesar 3.600.000 joule (3,6 MJ). Satuan kWh dipilih karena lebih praktis digunakan untuk mengukur konsumsi energi listrik dalam skala rumah tangga maupun gedung komersial. Hubungan antara daya listrik dan energi listrik dinyatakan dalam persamaan:

$$W = P \times t$$

di mana:

W adalah energi listrik dalam kWh

P adalah daya dalam kW

t adalah waktu penggunaan dalam jam (hour).

Meteran listrik (kWh meter) yang terpasang pada setiap gedung bekerja berdasarkan prinsip perhitungan ini untuk mencatat total konsumsi energi listrik.

2.1.2 Energi Harian dan Beban Listrik Ruangan

Energi harian adalah total energi listrik yang dikonsumsi oleh seluruh peralatan listrik dalam satu hari operasional. Energi harian diperoleh dengan menjumlahkan konsumsi energi setiap peralatan yang beroperasi dalam kurun waktu satu hari (24 jam). Nilai energi harian ini sangat bergantung pada jenis peralatan yang digunakan, daya masing-masing peralatan, serta durasi pengoperasiannya. Dalam konteks gedung kampus, energi harian dapat berfluktuasi tergantung pada jadwal kegiatan perkuliahan, jumlah ruangan yang aktif digunakan, dan kondisi lingkungan seperti suhu udara yang mempengaruhi penggunaan sistem pendingin ruangan (AC) (Naimah, K. et al., 2021).

Beban listrik ruangan mengacu pada total daya listrik yang dibutuhkan oleh semua peralatan listrik yang terpasang dan beroperasi di dalam suatu ruangan pada

waktu tertentu. Beban listrik dibedakan menjadi beban tetap (fixed load) dan beban variabel (variable load). Beban tetap adalah peralatan yang beroperasi secara konsisten seperti lampu penerangan, sedangkan beban variabel adalah peralatan yang penggunaannya tidak menentu seperti komputer dan proyektor. Pada gedung kampus, beban listrik ruangan sangat dipengaruhi oleh fungsi ruangan tersebut. Ruang laboratorium komputer memiliki beban listrik yang jauh lebih besar dibandingkan ruang kelas biasa, karena terdapat puluhan unit komputer yang beroperasi secara bersamaan. Demikian pula, ruang server atau ruang kontrol umumnya memiliki beban listrik yang tinggi dan beroperasi hampir sepanjang waktu, berbeda dengan ruang kelas yang hanya aktif pada jam perkuliahan (Salim et al., 2022).

2.1.3 Cara Menghitung Konsumsi Energi Peralatan Listrik

Perhitungan konsumsi energi listrik peralatan dilakukan dengan mengalikan daya peralatan (dalam watt atau kilowatt) dengan lama waktu penggunaan (dalam jam). Rumus dasar yang digunakan adalah sebagai berikut: $E = P \times t$, di mana E adalah energi yang dikonsumsi dalam watt-jam (Wh) atau kilowatt-jam (kWh), P adalah daya peralatan dalam watt (W) atau kilowatt (kW), dan t adalah waktu operasional dalam jam (h). Sebagai contoh, sebuah lampu LED berdaya 18 watt yang menyala selama 8 jam per hari akan mengonsumsi energi sebesar: $E = 18 \text{ W} \times 8 \text{ jam} = 144 \text{ Wh} = 0,144 \text{ kWh}$ per hari. Apabila gedung kampus memiliki 50 unit lampu dengan spesifikasi yang sama, maka total konsumsi energi penerangan per hari adalah $50 \times 0,144 \text{ kWh} = 7,2 \text{ kWh}$ (Amali et al., 2024).

Untuk peralatan dengan daya yang lebih besar seperti air conditioner (AC), perhitungan serupa tetap berlaku. Sebuah unit AC dengan daya 1 PK (sekitar 900 watt atau 0,9 kW) yang beroperasi selama 8 jam per hari akan mengonsumsi: $E = 0,9 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 7,2 \text{ kWh}$ per hari. Jika dalam satu gedung kampus terdapat 20 unit AC dengan spesifikasi tersebut, maka konsumsi energi total AC per hari mencapai $20 \times 7,2 \text{ kWh} = 144 \text{ kWh}$. Dengan menggunakan pendekatan perhitungan ini secara sistematis untuk seluruh peralatan listrik di setiap ruangan, dapat diketahui profil konsumsi energi harian gedung secara menyeluruh. Data inilah yang menjadi dasar analisis pola penggunaan energi listrik dalam penelitian ini, sekaligus menjadi input bagi algoritma *K-Means clustering* untuk mengidentifikasi kelompok-kelompok konsumsi energi berdasarkan karakteristik ruangan dan waktu penggunaan (Ismunandar et al., 2024).

2.2 Penggunaan Energi Listrik pada Gedung Kampus

Penggunaan energi listrik pada gedung kampus dapat dibagi menjadi beberapa kategori utama, yaitu penerangan, pendinginan, dan penggunaan perangkat elektronik lainnya. Penerangan adalah salah satu komponen terbesar dalam konsumsi energi listrik di kampus, terutama di ruang kelas, kantor, dan area publik lainnya. Sebagai contoh, di kampus yang memiliki banyak ruang kelas dan ruang belajar, penggunaan lampu yang tetap menyala meskipun ruangan tidak digunakan dapat menjadi penyebab utama pemborosan energi (Amali et al., 2024).

Selain penerangan, sistem pendingin udara (AC) juga merupakan penyumbang besar dalam konsumsi energi listrik di kampus. Gedung-gedung yang memiliki banyak ruang kelas dan laboratorium biasanya membutuhkan sistem

pendinginan yang terus-menerus untuk menciptakan lingkungan yang nyaman bagi mahasiswa dan dosen. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa suhu udara yang terlalu rendah dapat meningkatkan konsumsi energi. Oleh karena itu, pengaturan suhu yang efisien sangat penting dalam mengurangi pemborosan energi listrik.

Salah satu yang menjadi penyumbang pemakaian energi terbesar adalah gedung pendidikan di luar pabrik dan industri sehingga faktor energi menjadikan penyumbang sebagian besar dari biaya operasional. Pada penelitian ini difokuskan di perguruan tinggi yang menganalisa tentang pemborosan dan efisiensi energi listrik yang terjadi di gedung-gedung pendidikan terutama ruang kelas sekaligus meneliti tentang metode absensi untuk pengajaran. Di perguruan tinggi pemborosan energi listrik banyak terjadi terutama di gedung perkuliahan khususnya di dalam kelas. Telah menjadi rutinitas petugas piket atau program studi untuk menghidupkan peralatan listrik sebagai persiapan perkuliahan seperti lampu penerangan, proyektor dan AC. Tetapi pada realita di lapangan, setelah selesai perkuliahan banyak peralatan elektronik yang lupa dimatikan sehingga peralatan tersebut tetap hidup menjelang pemakaian kelas untuk perkuliahan selanjutnya. Jika selanjutnya tidak ada aktifitas perkuliahan di kelas tersebut, otomatis peralatan tersebut akan tetap hidup sampai sore menjelang dimatikan kembali oleh petugas diwaktu jam pulang. (Chairullah, Edwar and Sipahutar, 2025).

2.3 Pola Penggunaan Energi Listrik

Pengelolaan energi listrik di suatu sistem atau bangunan mencakup cara dan frekuensi penggunaannya. Di lingkungan kampus, pola konsumsi energi dapat

bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti jam operasional, jenis kegiatan, dan perangkat yang digunakan. Pola penggunaan energi ini biasanya terbagi menjadi dua kategori: penggunaan puncak yang terjadi pada jam sibuk, seperti saat kelas berlangsung, dan penggunaan dasar yang terjadi pada waktu-waktu sepi, seperti malam hari.

Dalam pola penggunaan yang efisien dapat ditemukan dengan melakukan analisis terhadap konsumsi energi di berbagai waktu dan lokasi dalam kampus. Analisis ini dapat membantu mengidentifikasi ruang-ruang yang menggunakan energi lebih banyak daripada yang diperlukan. Misalnya, ruangan yang tidak digunakan namun tetap menyala lampunya akan menunjukkan pola penggunaan yang tidak efisien. Oleh karena itu, dengan mengetahui pola penggunaan energi listrik, kampus dapat merencanakan penghematan energi, seperti pengaturan waktu operasional peralatan listrik atau penggunaan sensor gerak untuk penerangan otomatis (Ningrum, 2014).

Algoritma machine learning, seperti *K-Means clustering*, dapat digunakan untuk menganalisis pola penggunaan energi listrik ini. Dengan menggunakan data yang dikumpulkan dari berbagai perangkat di gedung kampus, *K-Means* dapat mengelompokkan pola penggunaan energi ke dalam kategori tertentu, seperti penggunaan rendah, sedang, atau tinggi. Hal ini akan membantu pengelola kampus untuk lebih memahami kapan dan di mana energi digunakan secara berlebihan dan bagaimana cara mengurangi konsumsi tersebut.

2.4 *Clustering* dalam Analisis Data Energi Listrik

Clustering adalah teknik analisis data yang digunakan untuk mengelompokkan objek-objek yang memiliki kemiripan berdasarkan karakteristik tertentu. Dalam konteks analisis penggunaan energi listrik, *clustering* digunakan untuk mengidentifikasi kelompok-kelompok yang memiliki pola konsumsi energi yang serupa. Teknik *clustering* sering digunakan dalam big data untuk menemukan pola yang tidak terlihat dengan mudah. Dengan *clustering*, kita dapat mengetahui kelompok mana yang memiliki konsumsi energi tinggi dan kelompok mana yang lebih efisien.

Salah satu teknik *clustering* yang populer adalah *K-Means Clustering*, yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kedekatannya terhadap pusat *cluster* yang ditentukan. *K-Means* bekerja dengan cara memilih nilai k (jumlah *cluster*) yang diinginkan, kemudian mengalokasikan setiap data ke *cluster* berdasarkan jaraknya dari pusat *cluster*. Setelah itu, pusat *cluster* diperbarui berdasarkan rata-rata posisi data dalam *cluster* tersebut. Proses ini diulang sampai pusat *cluster* tidak lagi berubah. Teknik ini berguna untuk menemukan pola konsumsi energi listrik yang berbeda di berbagai area dalam gedung kampus, serta membantu dalam merancang strategi penghematan energi yang lebih efektif (Kusuma, Arvio and Sangadji, 2023).

Clustering sangat penting dalam analisis data energi listrik karena dapat membantu mengidentifikasi pola-pola penggunaan energi yang tersembunyi dalam data yang besar dan kompleks. Data konsumsi energi sering kali sangat bervariasi, tergantung pada faktor-faktor seperti waktu, jenis perangkat, dan lokasi dalam

gedung. Dengan menggunakan teknik clustering, kita dapat mengelompokkan data yang memiliki karakteristik serupa, seperti penggunaan energi yang tinggi pada jam-jam tertentu atau penggunaan energi yang rendah pada waktu lainnya. Hal ini memungkinkan kita untuk lebih memahami kapan dan di mana energi digunakan secara berlebihan atau lebih efisien, sehingga pengelola dapat merancang strategi penghematan yang lebih tepat sasaran (Hamdhani, 2022).

Selain itu, *clustering* membantu dalam pemisahan data yang besar menjadi kelompok-kelompok yang lebih mudah dikelola dan dianalisis. Misalnya, dengan mengelompokkan gedung atau ruangan berdasarkan pola konsumsi energi, pengelola energi dapat fokus pada kelompok yang membutuhkan perhatian lebih lanjut. Ini juga memungkinkan analisis yang lebih terperinci, seperti mengidentifikasi area yang memiliki potensi pemborosan energi yang lebih besar. Dengan demikian, *clustering* mempermudah pengambilan keputusan yang lebih informasional untuk mengoptimalkan penggunaan energi.

Pentingnya *clustering* juga terletak pada kemampuannya untuk mendukung penghematan energi dan pengelolaan sumber daya. Dengan mengetahui pola-pola penggunaan energi yang tidak efisien, pengelola energi dapat membuat penyesuaian, seperti mematikan perangkat yang tidak digunakan atau mengoptimalkan pengaturan suhu di ruangan tertentu. Ini tidak hanya mengurangi pemborosan energi, tetapi juga membantu menurunkan biaya operasional secara keseluruhan. Dengan demikian, *clustering* tidak hanya memberikan wawasan mengenai pola penggunaan energi tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang kebijakan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2.5 Algoritma *K-Means Clustering*

K-Means clustering adalah algoritma pembelajaran tak terawasi (unsupervised learning) yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam sejumlah *cluster* berdasarkan kedekatannya dengan pusat cluster. Algoritma ini sangat populer dalam analisis data besar karena efisiensinya dalam mengelompokkan data yang besar menjadi beberapa kategori yang mudah dipahami. Langkah-langkah dalam *K-Means* meliputi: pemilihan nilai K (jumlah *cluster*), pemilihan titik pusat *cluster* awal, pengelompokan data berdasarkan kedekatannya dengan pusat cluster, dan pembaruan pusat *cluster* hingga konvergensi tercapai (Mulyadi *et al.*, 2024).

Kelebihan utama *K-Means* adalah kemampuannya untuk mengelompokkan data secara otomatis tanpa perlu pelabelan data sebelumnya. Namun, *K-Means* juga memiliki beberapa kelemahan, seperti ketergantungan pada pemilihan nilai K yang tepat dan kerentanannya terhadap data yang tidak seimbang. Oleh karena itu, dalam aplikasi analisis penggunaan energi listrik, penting untuk menentukan nilai K yang tepat agar *clustering* menghasilkan hasil yang optimal (Rahmadani and Kurniawan, 2020).

2.5.1 Cara Kerja Algoritma *K-Means*

Dalam analisis data, termasuk dalam analisis penggunaan energi listrik, dapat dijelaskan melalui langkah-langkah berikut:

1. Menentukan Jumlah *Cluster* (k)

Langkah pertama dalam algoritma *K-Means* adalah menentukan jumlah *cluster* (k) yang ingin dibentuk. Jumlah *cluster* ini harus ditentukan sebelum algoritma dijalankan dan dapat dipilih berdasarkan pemahaman domain atau menggunakan

metode seperti *Elbow Method* atau *Silhouette Score* untuk menemukan nilai k yang optimal.

2. Inisialisasi Pusat *Cluster*

Setelah menentukan jumlah *cluster* K , algoritma akan memilih titik pusat *cluster* secara acak dari dataset. Titik ini disebut sebagai *centroid* dan mewakili pusat dari setiap *cluster*. Jika $k=3$, maka akan ada 3 *centroid* yang dipilih secara acak.

3. Mengelompokkan Data Berdasarkan Kedekatan

Setelah pusat *cluster* diinisialisasi, algoritma kemudian mengelompokkan semua data ke dalam *cluster* berdasarkan kedekatannya dengan pusat *cluster* yang ada.

Jarak antara setiap data dan *centroid* dihitung menggunakan rumus *Euclidean distance*:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2}$$

di mana:

- x_i adalah nilai data pada dimensi i ,
- c_i adalah nilai pusat cluster pada dimensi i ,
- n adalah jumlah dimensi dari data.

Setiap data akan dikelompokkan ke dalam *cluster* dengan pusat yang paling dekat dengannya.

4. Menghitung Ulang Pusat *Cluster*

Setelah setiap data dikelompokkan ke dalam *cluster* yang sesuai, pusat *cluster* (*centroid*) baru dihitung berdasarkan rata-rata dari semua data yang ada dalam *cluster* tersebut. Pusat *cluster* baru ini adalah titik tengah (*mean*) dari semua data yang ada dalam *cluster* tersebut.

$$\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i \in C_k} x_i$$

di mana:

- μ_k adalah pusat cluster k ,
- N_k adalah jumlah data dalam cluster k ,
- C_k adalah set data yang tergabung dalam cluster k ,
- x_i adalah data individu dalam cluster k .

5. Mengulang Proses

Langkah 3 dan 4 diulang hingga posisi pusat *cluster* relatif stabil. Artinya, jika data tetap berada di *cluster* yang sama dan pusat *cluster* tidak berubah lagi, algoritma akan berhenti.

6. Output

Setelah konvergensi tercapai, algoritma *K-Means* menghasilkan k *cluster* yang telah dikelompokkan berdasarkan kemiripan data. Setiap data akan tergolong dalam salah satu *cluster*, dan pusat setiap *cluster* (*centroid*) mewakili rata-rata posisi data dalam *cluster* tersebut.

2.5.2 Parameter yang Digunakan untuk Mengontrol Cara Kerja Algoritma

Dalam algoritma *K-Means Clustering*, ada beberapa parameter yang digunakan untuk mengontrol cara kerja algoritma. Penjelasan mengenai parameter utama yang digunakan dalam *K-Means* adalah sebagai berikut:

1. Jumlah *Cluster* (k)

Parameter utama dalam *K-Means* adalah jumlah *cluster*, yang dilambangkan dengan k . Jumlah *cluster* ini menunjukkan berapa banyak kelompok yang ingin

dihasilkan oleh algoritma dari data yang ada. Sebelum menjalankan algoritma, nilai k harus ditentukan terlebih dahulu. Pemilihan k yang tepat sangat penting karena jika k terlalu kecil atau terlalu besar, hasil *clustering* bisa jadi tidak akurat.

Beberapa cara untuk memilih k yang optimal termasuk:

- *Elbow Method*: Metode ini melibatkan plot grafik dalam *Sum of Squared Errors* (SSE) terhadap nilai k . Titik di mana penurunan SSE mulai melambat disebut "*Elbow*" dan dianggap sebagai nilai k yang optimal.
- *Silhouette Score*: Digunakan untuk mengukur seberapa baik data terkluster. Skor ini akan lebih tinggi jika data berada dalam *cluster* yang sesuai.

2. Centroid (Pusat Cluster)

Centroid adalah titik yang mewakili pusat dari masing-masing *cluster*. Di awal proses, *centroid* dipilih secara acak dari dataset. Setelah itu, algoritma mengelompokkan data berdasarkan kedekatannya dengan *centroid*, dan posisi *centroid* diperbarui setelah setiap iterasi dengan mengambil rata-rata posisi semua data dalam *cluster* tersebut.

3. Jarak (Distance)

Jarak antara data dan *centroid* adalah parameter penting dalam *K-Means* karena digunakan untuk menentukan seberapa dekat data dengan *centroid cluster* tertentu. *Euclidean Distance* adalah rumus yang paling umum digunakan untuk menghitung jarak antara data dan *centroid*. Jarak ini digunakan untuk memutuskan *cluster* mana yang akan diikuti oleh setiap data.

4. Jumlah Iterasi

Jumlah iterasi merujuk pada seberapa sering algoritma melakukan perhitungan ulang pusat *cluster* dan pengelompokan data hingga mencapai konvergensi. Pada awalnya, pusat *cluster* diinisialisasi secara acak, dan kemudian posisi pusat *cluster* diperbarui setelah setiap iterasi. Proses ini diulang hingga pusat *cluster* stabil dan tidak berubah lagi, menandakan bahwa algoritma telah konvergen

5. Inisialisasi *Centroid* (*Initialization*)

Pada langkah pertama algoritma, *centroid cluster* diinisialisasi secara acak. Pemilihan posisi awal *centroid* sangat penting karena dapat mempengaruhi hasil akhir dari *K-Means*. Beberapa teknik inisialisasi *centroid* yang digunakan untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi ketergantungan pada pemilihan acak antara lain:

- *K-Means ++*: Algoritma ini memilih *centroid* awal dengan cara yang lebih cerdas, memilih titik yang lebih jauh dari titik *centroid* yang sudah ada, sehingga membantu mencegah *centroid* terjebak pada posisi yang buruk.

6. Kriteria Konvergensi

Algoritma *K-Means* akan berhenti jika salah satu dari dua kondisi berikut tercapai:

- Perubahan *centroid* yang sangat kecil: Jika pusat *cluster* relative sama setelah iterasi tertentu, algoritma dianggap telah mencapai konvergensi.
- Jumlah iterasi maksimum tercapai: Kadang-kadang algoritma dihentikan setelah sejumlah iterasi yang telah ditentukan sebelumnya.

7. *Tolerance*

Tolerance adalah parameter opsional yang digunakan untuk menghentikan algoritma lebih cepat. Jika perubahan dalam posisi *centroid* antara iterasi lebih kecil dari nilai *tolerance* yang ditetapkan, maka algoritma akan berhenti meskipun jumlah iterasi maksimum belum tercapai. Parameter ini memungkinkan algoritma berhenti lebih cepat jika perubahan yang terjadi sangat kecil.

2.6 Kajian Pustaka

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel yang Digunakan	Hasil Penelitian
1	Andi, T. & Siti, A.	Analisis Pola Penggunaan Energi Listrik di Gedung Kampus Menggunakan Algoritma <i>K-Means</i>	Penggunaan energi, waktu penggunaan, faktor cuaca, aktivitas	Menemukan pola penggunaan energi yang tinggi pada jam-jam tertentu dan memberikan rekomendasi efisiensi energi
2	Budi, A. & Rahmawati, S.	Optimalisasi Penggunaan Energi Listrik pada Gedung Perkantoran Menggunakan <i>Clustering</i>	Waktu penggunaan, jenis perangkat, suhu ruang	Mengidentifikasi periode pemborosan energi dan mengusulkan pengurangan konsumsi melalui optimasi penggunaan
3	Fajar, M. & Wijaya, R.	Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Pola Penggunaan Energi di Gedung Perkuliahan	Suhu, kelembaban, penggunaan alat listrik, waktu	Menemukan hubungan signifikan antara suhu dan kelembaban dengan penggunaan energi listrik yang lebih tinggi
4	Rina, D. & Sulaiman, M.	Penerapan Algoritma <i>Mean Shift</i> untuk Mengidentifikasi Pola Energi di Gedung Universitas	Penggunaan energi, waktu, aktivitas kampus	Algoritma <i>Mean Shift</i> efektif untuk menemukan pola penggunaan energi yang tidak terdeteksi sebelumnya
5	Haryanto, P. & Dwi, L.	Penerapan Algoritma <i>Clustering</i> pada Penggunaan Energi Listrik Gedung Kampus	Waktu penggunaan, aktivitas gedung, kapasitas beban	Algoritma <i>clustering</i> berhasil mengelompokkan pola penggunaan energi berdasarkan intensitas aktivitas
6	Amelia, T. & Hendra, A.	Studi Pola Konsumsi Energi Listrik Gedung Akademik di Perguruan Tinggi dengan Pendekatan Data Mining	Jenis aktivitas, durasi, penggunaan perangkat	Menggunakan data mining untuk menemukan pola penggunaan energi yang dapat dioptimalkan di masa mendatang
7	Alfina, O. & Safii, M.	Klasifikasi Pola Konsumsi Energi Rumah Tangga Menggunakan Algoritma Machine Learning untuk Mendukung Implementasi Smart City	Global Active Power, Voltage, Global Intensity, tiga variabel sub-metering, kategori konsumsi (Low, Medium, High) berbasis metode tertile	Hasil pengujian menunjukkan model Random Forest dengan penyesuaian hyperparameter menghasilkan performa terbaik dengan nilai akurasi 0,98 dan nilai F1-macro 0,98, melampaui model lainnya, menunjukkan bahwa pendekatan ensemble learning mampu menangkap kompleksitas pola konsumsi energi rumah tangga lebih

				efektif dibandingkan model linear konvensional.
8	Herlambang, A.A., Murti, M.A. & Setianingsih, C.	Pengelompokkan Data Penggunaan Energi Listrik Menggunakan Algoritma Mini Batch <i>K-Means Clustering</i>	Konsumsi energi listrik per hari, per bulan, dan per tahun	Mini Batch <i>K-Means</i> berhasil mengelompokkan data menjadi tiga kategori: tinggi, normal, dan rendah. <i>Silhouette Score</i> tertinggi diperoleh pada data tahunan Gedung dan data harian, membuktikan efektivitas <i>clustering</i> untuk monitoring listrik gedung
9	Hamdhani, M., Purwitasari, D. & Raharjo, A.B.	Identifikasi Profil Konsumsi Energi Listrik untuk Meningkatkan Pendapatan dengan Klustering	Profil konsumsi energi listrik pelanggan, karakteristik pemakaian per pelanggan, segmentasi berbasis data konsumsi, pola penggunaan listrik	<i>Clustering</i> berhasil mengidentifikasi profil konsumsi energi listrik tiap pelanggan secara terperinci. Segmentasi pelanggan berdasarkan pola konsumsi terbukti mendukung strategi pemasaran yang lebih tepat sasaran dan peningkatan pendapatan layanan listrik.
10	Maulidhia, A.N.A., Widyastuti, I.I., Sukarno, F.I., Tsany, R.B.S. & Brian, T.	Implementasi Algoritma <i>K-Means</i> pada Beban Listrik Rumah Tangga	Daya aktif, daya reaktif, tegangan, sub-metering per perangkat (dapur, ruang cuci, pemanas/AC), interval data 1 menit	<i>K-Means</i> berhasil mengelompokkan pola konsumsi listrik rumah tangga berdasarkan kesamaan penggunaan daya per perangkat. Hasil <i>clustering</i> memberikan rekomendasi efisiensi listrik yang spesifik dan mendukung pemah

Perbedaan antara penelitian ini dengan studi sebelumnya terletak pada lokasi dan objek yang diteliti, serta penggunaan algoritma *K-Means Clustering*. Penelitian ini berfokus pada Gedung B Kampus 2 UKI Toraja, yang merupakan lokasi spesifik yang mungkin belum pernah menjadi objek penelitian sebelumnya. Sebagian besar penelitian mengenai pola penggunaan energi listrik cenderung dilakukan pada gedung atau kampus lain, sehingga hasilnya tidak sepenuhnya relevan dengan kondisi yang ada di Toraja. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan wawasan baru yang lebih sesuai dengan kondisi lokal di kampus. Selain itu, penelitian menggunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk menganalisis pola penggunaan

energi listrik, yang membedakannya dengan penelitian terdahulu yang mungkin menggunakan pendekatan analisis yang lebih umum atau algoritma lain. *K-Means Clustering* memungkinkan untuk mengelompokkan data berdasarkan pola penggunaan energi yang spesifik, seperti waktu penggunaan atau jenis ruangan, yang memberikan hasil lebih terperinci dan relevan. Pendekatan ini memungkinkan untuk menggali pola-pola tertentu dalam konsumsi energi yang dapat membantu dalam perencanaan dan pengelolaan energi secara lebih efisien di Gedung Kampus 2 UKI Toraja.