

# Transformasi Konsumsi Energi Listrik Era Pembelajaran Daring: Bukti Empiris Dari Universitas Terbuka Pondok Cabe 2019-2024

Rahmad Purnama<sup>1</sup>, Yeni Widiastuti<sup>2</sup> Zulfahmi<sup>3</sup>, Yusrafiddin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Terbuka

<sup>4</sup> Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan, Universitas Terbuka

[rahmad.purnama@ecampus.ut.ac.id](mailto:rahmad.purnama@ecampus.ut.ac.id)

**ABSTRAK**- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis transformasi konsumsi energi listrik di Universitas Terbuka (UT) Pondok Cabe pada periode 2019-2024, yang mencakup era transisi dari pembelajaran konvensional ke pembelajaran daring akibat pandemi COVID-19. Analisis dilakukan untuk melihat dinamika pertumbuhan tahunan, pola fluktuasi bulanan, serta pergeseran rata-rata konsumsi energi listrik. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan tajam konsumsi energi listrik pada tahun 2020 dengan rata-rata 440,48 kWh, yang berkaitan dengan pembatasan aktivitas kampus selama pandemi dan peralihan ke sistem pembelajaran daring penuh. Pada tahun 2021, konsumsi mulai pulih dengan rata-rata 501,03 kWh, kemudian meningkat secara konsisten hingga mencapai puncak pada 2024 dengan rata-rata 675,31 kWh sejalan dengan kebijakan pembelajaran hibrida dan peningkatan aktivitas kampus. Temuan ini menegaskan adanya ketahanan dan adaptasi institusi pendidikan jarak jauh dalam menghadapi krisis, serta menunjukkan pola konsumsi energi yang responsif terhadap perubahan model pembelajaran. Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengelolaan efisiensi energi di kampus dan pengembangan strategi green campus di era pasca pandemi.

*Kata Kunci: konsumsi energi listrik, pembelajaran daring, Universitas Terbuka, pandemi COVID-19, efisiensi energi kampus*

**ABSTRACT** - This study aims to analyze the transformation of electricity consumption at Universitas Terbuka (UT) Pondok Cabe during the 2019-2024 period, covering the transition era from conventional to online learning due to the COVID-19 pandemic. The analysis examines annual growth dynamics, monthly fluctuation patterns, and shifts in average electricity consumption. The results show a sharp decline in electricity consumption in 2020 with an average of 440.48 kWh, related to campus activity restrictions during the pandemic and the shift to full online learning systems. In 2021, consumption began to recover with an average of 501.03 kWh, then increased consistently until reaching its peak in 2024 with an average of 675.31 kWh in line with hybrid learning policies and increased campus activities. These findings confirm the resilience and adaptation of distance education institutions in facing crises, as well as demonstrate energy consumption patterns that are responsive to changes in learning models. The results of this study provide important implications for campus energy efficiency management and the development of green campus strategies in the post-pandemic era.

*Keywords: electricity consumption, online learning, Universitas Terbuka, COVID-19 pandemic, campus energy efficiency*

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi di sektor pendidikan tinggi telah menjadi perhatian global dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi operasional. Sektor bangunan komersial, termasuk institusi pendidikan, menyumbang proporsi signifikan dari total konsumsi energi global. Di Indonesia, kampus-kampus perguruan tinggi mengkonsumsi energi listrik dalam jumlah besar untuk keperluan operasional seperti pencahayaan, sistem tata udara (HVAC), peralatan laboratorium, dan infrastruktur teknologi informasi. Studi internasional menunjukkan bahwa bangunan universitas memiliki intensitas energi yang tinggi, terutama pada bangunan riset dan laboratorium, disebabkan oleh kebutuhan ventilasi mekanis dan peralatan energi-intensif [1]. Misalnya, bangunan riset dapat memiliki intensitas energi hingga tiga kali lebih tinggi dibandingkan bangunan pengajaran [2]. Pertumbuhan jumlah mahasiswa, perluasan

fasilitas, dan intensifikasi aktivitas riset turut meningkatkan kebutuhan energi [3]. Sebagai respons terhadap tantangan perubahan iklim dan dorongan untuk keberlanjutan, institusi pendidikan tinggi semakin terdorong untuk mengadopsi praktik pengelolaan energi yang efisien. Beberapa pendekatan terbukti mampu mengurangi konsumsi energi tanpa perlu investasi besar, seperti penerapan standar manajemen energi ISO 50001, audit energi, dan retrofitting sistem pencahayaan atau HVAC [4], [5]. Penerapan sistem manajemen energi ini dapat menghasilkan penghematan konsumsi listrik hingga 9–14% dan pengurangan emisi karbon secara signifikan [4], [5]. Selain berdampak positif terhadap lingkungan, efisiensi energi juga berkontribusi pada penghematan biaya operasional kampus secara jangka panjang.

Pandemi COVID-19 yang melanda dunia sejak awal 2020 telah mengubah lanskap pendidikan

tinggi secara fundamental. Kebijakan physical distancing dan pembatasan mobilitas memaksa institusi pendidikan untuk beralih dari pembelajaran tatap muka konvensional ke pembelajaran daring dalam waktu singkat. Transformasi ini tidak hanya mengubah metode pedagogis, tetapi juga berdampak luas pada operasional kampus, termasuk pola konsumsi energi listrik. Studi di Universitas Hasanuddin, Indonesia, menunjukkan bahwa konsumsi listrik turun drastis selama pandemi, dari rata-rata 14,3 GWh menjadi hanya 4,3 GWh per tahun akibat kebijakan belajar dan bekerja dari rumah [6]. Temuan serupa tercatat di Universitas Jordan, di mana konsumsi listrik kampus turun sebesar 20,8% pada 2020 dibandingkan 2019, dengan penurunan tertinggi pada bangunan fakultas humaniora (39%) [7]. Namun, pergeseran ke pembelajaran daring juga menghadirkan tantangan baru dalam manajemen energi, khususnya terkait peningkatan konsumsi energi di sektor rumah tangga karena penggunaan perangkat digital yang lebih intensif [8]. Di Thailand, studi menunjukkan bahwa bangunan tempat tinggal mahasiswa mengalami peningkatan konsumsi listrik selama pembelajaran daring, sedangkan bangunan akademik justru menurun drastis. Selain itu, penelitian di Griffith University, Australia, menunjukkan bahwa transisi ke kampus virtual mengurangi konsumsi energi tahunan sebesar 16%, terutama dari pemadaman sistem HVAC dan perangkat operasional di gedung akademik dan administrasi [2]. Temuan ini mendukung pentingnya pengembangan strategi pembelajaran hybrid yang tidak hanya menyeimbangkan efektivitas pendidikan dan interaksi sosial, tetapi juga mengedepankan efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan.

Universitas Terbuka (UT) sebagai institusi pendidikan tinggi jarak jauh memiliki karakteristik unik dalam hal pola konsumsi energi listrik kampus. Sejak didirikan tahun 1984, UT telah mengadopsi sistem pembelajaran jarak jauh dengan memanfaatkan berbagai media pembelajaran. Kampus UT Pondok Cabe berfungsi sebagai pusat administrasi, layanan akademik, dan pusat ujian nasional. Ketika pandemi terjadi, aktivitas tatap muka yang sudah minimal menjadi hampir sepenuhnya daring, yang berdampak langsung pada pola penggunaan fasilitas kampus dan konsumsi energi listrik. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran jarak jauh secara signifikan dapat mengurangi dampak lingkungan dibandingkan dengan pendidikan tatap muka tradisional. Sebagai contoh, studi di UK Open University menunjukkan bahwa kursus berbasis jarak jauh menggunakan

hingga 90% lebih sedikit energi dan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan model kampus penuh waktu [9]. Selain itu, studi lain menyatakan bahwa transisi ke model pembelajaran daring dapat membantu universitas mencapai target keberlanjutan seperti netralitas karbon, dengan contoh penerapannya di University of California yang menggunakan model analisis multi-kriteria untuk menilai pengurangan emisi akibat pembelajaran jarak jauh [10]. Lebih lanjut, riset komparatif antara dua universitas jarak jauh di Eropa menunjukkan bahwa meskipun ada tantangan dalam partisipasi komunitas dan operasional kampus, model pembelajaran jarak jauh tetap unggul dalam penawaran kurikulum berkelanjutan dan efisiensi sumber daya [11]. Dengan munculnya kebutuhan mendesak untuk meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi energi, UT memiliki kesempatan untuk mengevaluasi dan mengimplementasikan praktik keberlanjutan yang lebih baik dalam operasional kampusnya, termasuk penguatan infrastruktur digital yang hemat energi dan kebijakan kampus hijau yang terintegrasi dengan model pembelajaran daring.

Beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti konsumsi energi di kampus dan mengungkap bahwa faktor seperti jam operasional, tingkat hunian, serta kondisi cuaca memainkan peran penting dalam pola penggunaan energi. Penggunaan HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) dan pencahayaan terbukti menjadi komponen utama konsumsi energi, serta memiliki potensi besar untuk efisiensi melalui optimalisasi sistem dan teknologi yang lebih hemat energi [12]. Dalam konteks Indonesia, pandemi COVID-19 menyebabkan penurunan aktivitas di sektor komersial dan pendidikan, berdampak langsung pada konsumsi energi. Proyeksi di Jawa Timur menunjukkan bahwa skenario pandemi dapat menurunkan konsumsi energi secara signifikan dibandingkan skenario normal tanpa gangguan [13]. Temuan serupa juga tercatat pada kampus Universitas Texas dan Meiji University, yang mengalami penurunan konsumsi listrik seiring pengurangan aktivitas tatap muka di kampus [14], [15]. Penurunan ini menunjukkan pentingnya evaluasi lebih lanjut terhadap dampak jangka panjang dari pandemi terhadap perilaku konsumsi energi. Selain itu, penggabungan hasil dari berbagai konteks lokal dan internasional dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi manajemen energi kampus yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji transformasi konsumsi energi listrik di

institusi pendidikan tinggi jarak jauh dalam konteks pandemi COVID-19 masih terbatas. Beberapa studi sebelumnya memang telah menunjukkan bahwa pembelajaran jarak jauh selama pandemi berdampak signifikan pada konsumsi energi di kampus. Misalnya, studi di Universitas Hasanuddin menunjukkan penurunan drastis konsumsi listrik akibat kebijakan kerja dan belajar dari rumah [6], dan penelitian di Universitas Andalas mencatat penurunan hingga 68,74% di gedung perkuliahan selama pembelajaran daring [16]. Meski demikian, belum banyak kajian yang fokus secara khusus pada institusi pendidikan tinggi jarak jauh seperti Universitas Terbuka (UT). Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan menganalisis pola konsumsi energi listrik di UT Pondok Cabe selama periode 2019–2024. Periode ini mencakup kondisi sebelum, selama, dan setelah pandemi, sehingga memungkinkan analisis komprehensif terhadap transformasi konsumsi energi. Temuan dari studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan penting bagi pengelola institusi pendidikan tinggi dalam mengembangkan strategi efisiensi energi di masa mendatang, serta menjadi referensi untuk penelitian lanjutan mengenai dampak pandemi terhadap perilaku konsumsi energi di sektor pendidikan tinggi.

Analisis terhadap tren konsumsi energi listrik memiliki implikasi praktis yang penting. Pertama, hasil analisis dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan dalam pengelolaan energi kampus yang lebih efisien, sebagaimana ditunjukkan oleh studi yang memanfaatkan data konsumsi energi bangunan di kampus universitas untuk mengevaluasi strategi efisiensi energi secara data-driven [17]. Kedua, pemahaman terhadap pola fluktuasi bulanan dan tahunan konsumsi listrik dapat membantu perencanaan kapasitas dan infrastruktur energi yang lebih baik, seperti yang diterapkan dalam studi deret waktu di universitas terbuka di Eropa yang menunjukkan penurunan tajam konsumsi listrik selama pandemi dan pentingnya pemodelan tren untuk prediksi jangka panjang [18]. Ketiga, dalam konteks komitmen Indonesia terhadap Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 7 tentang energi bersih dan terjangkau serta SDG 13 tentang aksi terhadap perubahan iklim, efisiensi energi di institusi pendidikan tinggi menjadi bagian dari tanggung jawab sosial yang strategis. Hal ini ditegaskan dalam studi pemetaan tren dan hambatan penerapan energi terbarukan di universitas yang menunjukkan bahwa integrasi praktik efisiensi energi dan pelaporan SDGs menjadi bagian penting dari tata kelola kampus yang berkelanjutan [19]. Dalam kerangka tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren konsumsi energi listrik di UT

Pondok Cabe pada periode 2019–2024, mengidentifikasi pola fluktuasi konsumsi listrik bulanan dan tahunan, serta mengkaji dampak pandemi COVID-19 dan transformasi pembelajaran daring terhadap penggunaan energi. Kajian ini juga dimaksudkan untuk memberikan rekomendasi pengelolaan energi yang lebih efisien di era pasca pandemi, sejalan dengan temuan studi pada kampus teknologi di Nigeria dan Thailand yang menunjukkan pentingnya sistem pemantauan konsumsi listrik berbasis data sebagai landasan kebijakan efisiensi di masa depan [8], [20], [21].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif komparatif dengan pendekatan kuantitatif berbasis data deret waktu (*time series analysis*). Desain penelitian ini dipilih karena sesuai untuk menganalisis tren, pola perubahan, dan karakteristik data dalam periode longitudinal. Metode ini telah digunakan dalam berbagai studi untuk memodelkan dampak pandemi terhadap konsumsi energi, termasuk dalam konteks institusi pendidikan tinggi [2] dan universitas terbuka.

Analisis deret waktu juga digunakan dalam studi oleh Han & Kim (2021), yang menunjukkan bahwa pandemi menyebabkan ketidakpastian signifikan dalam pola konsumsi listrik dan bahwa pendekatan prediktif perlu disesuaikan dengan kondisi luar biasa seperti COVID-19 [22]. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan strategi pengelolaan energi yang lebih efisien di institusi pendidikan tinggi. Sumber data dalam penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari Bagian Sarana dan Prasarana serta Bagian Keuangan Universitas Terbuka Pondok Cabe. Data konsumsi energi listrik dikumpulkan dalam satuan kilowatt-hour (kWh) dengan periode pengamatan bulanan dari Januari 2019 hingga Desember 2024, menghasilkan total 72 titik data observasi. Data ini mencakup konsumsi energi listrik dari seluruh area kampus UT Pondok Cabe, termasuk gedung perkantoran, ruang kelas, laboratorium, perpustakaan, dan fasilitas pendukung lainnya. Penggunaan data konsumsi energi jangka panjang seperti ini selaras dengan pendekatan pada kampus pintar di Brasil, yang menunjukkan pentingnya analisis statistik terhadap data penggunaan listrik di berbagai jenis bangunan untuk mendukung keputusan manajemen energi berbasis data [23]. Studi serupa juga dilakukan di kampus POSTECH di Korea Selatan, yang menggunakan sistem metering pintar untuk mengumpulkan dan menganalisis konsumsi listrik secara real-time sebagai bagian dari platform big

data universitas [24]. Analisis terhadap data ini tidak hanya memberikan pemahaman mendalam terhadap tren konsumsi energi, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan strategi efisiensi energi dan pengambilan keputusan yang berbasis bukti dalam konteks keberlanjutan institusi pendidikan tinggi.

Analisis data dilakukan dalam lima tahap utama. Tahap pertama adalah statistik deskriptif, meliputi perhitungan nilai minimum, maksimum, rata-rata (mean), dan standar deviasi untuk setiap tahun pengamatan. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi awal terhadap distribusi dan variasi konsumsi listrik kampus seperti yang digunakan pada studi kampus pintar berbasis ICT [20]. Tahap kedua adalah analisis tren temporal untuk mengidentifikasi pola perubahan konsumsi energi listrik dari waktu ke waktu, baik tren jangka panjang (tahunan) maupun jangka pendek (bulanan), menggunakan metode moving average. Metodologi serupa digunakan dalam pengembangan model prediksi konsumsi energi berbasis time-series pada kampus pintar di Brasil [23]. Tahap ketiga adalah analisis komparatif untuk membandingkan konsumsi energi listrik antar tahun, khususnya periode sebelum pandemi (2019), masa pandemi (2020–2021), dan pasca pandemi (2022–2024), sebagaimana dilakukan dalam studi komparatif konsumsi energi antar bangunan kampus di Eropa [17]. Tahap keempat adalah visualisasi data menggunakan grafik garis (line chart) untuk tren bulanan dan grafik batang (bar chart) untuk perbandingan tahunan. Tahap kelima adalah interpretasi kontekstual dengan mengaitkan hasil analisis kuantitatif dengan kebijakan dan kondisi aktual yang terjadi di UT Pondok Cabe.

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas data, dilakukan beberapa langkah verifikasi yang sistematis. Data konsumsi energi listrik diverifikasi dengan membandingkan catatan internal kampus dengan tagihan resmi dari PLN, yang bertujuan untuk menilai konsistensi informasi yang diperoleh. Praktik verifikasi semacam ini juga diterapkan dalam studi konsumsi energi di kampus Universitas Bordeaux, yang menggabungkan pencatatan internal dengan metode visualisasi dua dimensi untuk memverifikasi dan menganalisis tren konsumsi listrik per bangunan ([17]. Selain itu, pengecekan terhadap data outlier yang mungkin terjadi akibat kesalahan pencatatan juga dilakukan, sebagaimana direkomendasikan oleh studi di Universitas Castilla-La Mancha yang menekankan pentingnya parameterisasi dan validasi data real-time untuk menghindari kesalahan dalam analisis konsumsi energi [25]. Validasi juga mencakup

pengujian integritas dan konsistensi data secara statistik untuk mendeteksi anomali dan memastikan bahwa informasi yang dianalisis adalah akurat dan dapat diandalkan [26]. Proses verifikasi ini penting untuk membangun kepercayaan terhadap hasil penelitian, sehingga keputusan dan rekomendasi yang dihasilkan dapat didasarkan pada informasi yang valid dan relevan. Dengan langkah-langkah tersebut, penelitian ini berupaya untuk memperoleh hasil yang tidak hanya kredibel, tetapi juga memberikan kontribusi yang berarti terhadap pengelolaan energi yang lebih efisien di lingkungan akademik.

Beberapa keterbatasan penting perlu dicatat dalam studi ini. Pertama, data yang dianalisis hanya mencakup konsumsi energi listrik total kampus tanpa adanya segmentasi berdasarkan jenis gedung atau fungsi penggunaannya. Hal ini membatasi pemahaman mendalam mengenai pola konsumsi energi spesifik di area seperti laboratorium, ruang kelas, dan kantor administrasi, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian yang menekankan pentingnya pemetaan konsumsi energi berdasarkan jenis bangunan untuk perencanaan efisiensi yang lebih tepat [17]. Kedua, studi ini tidak mempertimbangkan faktor eksternal seperti suhu udara atau kondisi cuaca yang terbukti memengaruhi konsumsi energi pada bangunan kampus di berbagai wilayah [20]. Ketidakhadiran data meteorologis tersebut dapat membatasi generalisasi temuan studi terhadap konteks yang lebih luas dan dinamis. Ketiga, penelitian ini bersifat deskriptif dan belum menyertakan analisis statistik inferensial atau model prediktif, sehingga tidak memungkinkan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat yang lebih dalam antara variabel-variabel yang diamati [27]. Keterbatasan-keterbatasan ini menunjukkan perlunya studi lanjutan yang menggunakan pendekatan analitik yang lebih komprehensif dan multivariat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan energi di institusi pendidikan tinggi.

### 3. HASIL

Hasil analisis statistik deskriptif untuk konsumsi energi listrik di UT Pondok Cabe periode 2019-2024 disajikan dalam tabel dan grafik yang menjelaskan pola-pola utama dalam penggunaan energi. Dengan mempertimbangkan periode yang diteliti, analisis ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai fluktuasi konsumsi, tren tahunan, serta faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi penggunaan energi pada kampus tersebut. Penelitian ini tidak hanya menggambarkan total konsumsi energi, tetapi juga berusaha mengidentifikasi waktu-waktu puncak penggunaan serta kemungkinan ketidakteraturan

yang dapat dijadikan fokus intervensi dalam rangka efisiensi energi di masa mendatang. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan dasar bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya energi yang lebih berkelanjutan dan efektif. pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Statistik Deskriptif Konsumsi Energi Listrik UT Pondok Cabe 2019-2024

Tahun	Minimum (kWh)	Maksimum (kWh)	Rata-rata (kWh)
2019	447,37	639,01	537,15
2020	317,74	516,56	440,48
2021	411,66	566,28	501,03
2022	447,54	681,41	578,86
2023	482,20	795,19	657,58
2024	571,39	750,19	675,31

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai konsumsi energi listrik minimum terendah terjadi pada tahun 2020 sebesar 317,74 kWh, yang merupakan penurunan drastis dibandingkan tahun 2019. Sebaliknya, nilai maksimum tertinggi dicapai pada tahun 2023 sebesar 795,19 kWh. Secara rata-rata, tren menunjukkan penurunan signifikan pada tahun 2020 (440,48 kWh) dibandingkan tahun 2019 (537,15 kWh), dengan penurunan sebesar 18,0%. Pemulihan mulai terlihat pada tahun 2021 dengan rata-rata 501,03 kWh, kemudian meningkat secara konsisten hingga mencapai puncak pada 2024 dengan rata-rata 675,31 kWh.

Analisis pertumbuhan tahunan konsumsi energi listrik disajikan dalam Tabel 2:

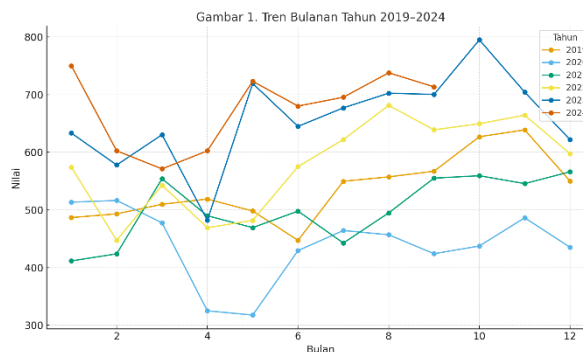
Tabel 2. Pertumbuhan Tahunan Konsumsi Energi Listrik

Tahun	Rata-rata (kWh)	Pertumbuhan (%)
2019	537,15	-
2020	440,48	-18,0%
2021	501,03	+13,7%
2022	578,86	+15,5%
2023	657,58	+13,6%
2024	675,31	+2,7%

Data pada Tabel 2 menunjukkan dinamika pertumbuhan yang menarik. Penurunan 18,0% pada tahun 2020 merupakan penurunan terbesar dalam periode penelitian. Pemulihan terjadi sejak 2021 dengan pertumbuhan 13,7%, diikuti pertumbuhan signifikan 15,5% pada tahun 2022. Pertumbuhan melambat pada tahun 2024 menjadi 2,7%, mengindikasikan tercapainya fase stabilisasi konsumsi energi.

Visualisasi Tren Bulanan. Gambar 1 menunjukkan tren bulanan konsumsi energi listrik selama periode 2019-2024. Grafik ini memperlihatkan pola fluktuasi yang jelas, dengan

penurunan tajam terlihat pada pertengahan tahun 2020 yang bertepatan dengan implementasi kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Pemulihan bertahap terlihat sejak kuartal kedua tahun 2021, dengan tren peningkatan yang konsisten hingga akhir periode pengamatan.



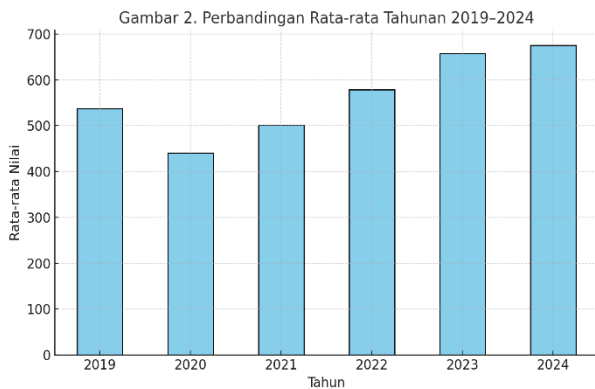
Gambar 1. Tren Bulanan Konsumsi Energi Listrik 2019-2024

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan pola fluktuasi nilai bulanan yang cukup bervariasi dari tahun 2019 hingga 2024. Salah satu temuan yang paling mencolok adalah adanya penurunan tajam pada tahun 2020, khususnya pada bulan ke-3 hingga bulan ke-5, di mana nilai turun hingga kisaran 300-an, jauh lebih rendah dibandingkan tren tahun-tahun sebelumnya. Penurunan ini dapat dihubungkan dengan dampak guncangan global seperti pandemi COVID-19, yang memengaruhi hampir semua indikator sosial-ekonomi. Fenomena ini menggambarkan kerentanan yang tinggi pada periode krisis, di mana faktor eksternal mampu menekan kinerja secara drastis. Jika dibandingkan dengan tahun 2019 yang relatif stabil dan berada pada kisaran nilai 500–650, maka terlihat jelas bahwa 2020 menjadi titik anomali dalam kurva tren dengan penyimpangan yang signifikan.

Namun, setelah melewati masa krisis tersebut, data menunjukkan adanya pola pemulihan yang konsisten pada periode 2021–2024. Tahun 2021 memperlihatkan titik balik dengan kenaikan bertahap walaupun masih menunjukkan fluktuasi antarbulan, kemudian diikuti oleh peningkatan yang lebih stabil pada tahun 2022. Tren pertumbuhan ini semakin nyata pada 2023 dan 2024, di mana grafik menunjukkan kenaikan nilai yang berada di kisaran 600–750 dengan relatif lebih sedikit penurunan drastis dibanding tahun sebelumnya. Hal ini mengindikasikan adanya kemampuan adaptasi dan daya tahan (resilience) yang berkembang dalam sistem, baik melalui kebijakan, penyesuaian pasar, maupun faktor sosial-ekonomi lainnya. Dengan demikian, grafik ini tidak hanya menggambarkan dinamika fluktuasi jangka pendek, tetapi juga menampilkan narasi

pemulihan jangka panjang yang membawa implikasi penting terhadap kebijakan pembangunan dan arah pertumbuhan di masa depan.

Perbandingan Rata-rata Tahunan. Gambar 2 menyajikan perbandingan rata-rata konsumsi energi listrik tahunan dalam bentuk diagram batang. Visualisasi ini dengan jelas menunjukkan pola U-shape, di mana terjadi penurunan pada tahun 2020 diikuti pemulihan dan pertumbuhan berkelanjutan hingga 2024.



Gambar 2. Perbandingan Rata-rata Tahunan Konsumsi Energi Listrik 2019-2024

Diagram batang menunjukkan pola penurunan 2020 dan peningkatan konsisten 2021-2024

Analisis Periode Kritis. Periode Pra-Pandemi (2019) menunjukkan pola yang relatif stabil dengan rata-rata bulanan 537,15 kWh. Periode Pandemi Akut (2020) menunjukkan penurunan drastis dengan rata-rata 440,48 kWh, dengan nilai minimum 317,74 kWh tercatat pada bulan Mei 2020. Periode Transisi (2021-2022) menandai fase adaptasi dengan pemulihan dimulai pada tahun 2021 (rata-rata 501,03 kWh), meningkat menjadi 578,86 kWh pada tahun 2022. Periode New Normal (2023-2024) mencapai level tertinggi dengan rata-rata 657,58 kWh (2023) dan 675,31 kWh (2024), mengindikasikan normalisasi penuh aktivitas kampus dengan pola konsumsi yang bahkan melebihi periode pra-pandemi sebesar 25,7%.

#### 4. PEMBAHASAN

Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Konsumsi Energi Listrik. Penurunan signifikan konsumsi energi listrik pada tahun 2020 (18,0% dibandingkan 2019) dapat dijelaskan melalui beberapa faktor utama. Implementasi kebijakan PSBB yang dimulai sejak Maret 2020 mengakibatkan penutupan sebagian besar gedung dan fasilitas kampus. Kebijakan ini sejalan dengan arahan pemerintah untuk membatasi aktivitas tatap

muka guna menekan penyebaran COVID-19. Transformasi pembelajaran dari model tatap muka terbatas menjadi pembelajaran daring penuh menyebabkan berkurangnya kebutuhan penerangan, pendingin ruangan, dan peralatan elektronik di ruang kelas dan laboratorium. Temuan ini konsisten dengan penelitian Chihib et al. (2021) yang menemukan penurunan konsumsi energi di sektor pendidikan tinggi selama pandemi COVID-19 di Universitas Almería, Spanyol [12].

Pola Pemulihan dan Adaptasi New Normal. Pemulihan konsumsi energi yang dimulai pada tahun 2021 mencerminkan adaptasi institusi terhadap kondisi new normal. Pertumbuhan 13,7% pada tahun 2021 menandai dimulainya reaktivasi bertahap fasilitas kampus. Pada periode ini, UT menerapkan model pembelajaran hibrida yang mengombinasikan pembelajaran daring dengan tutorial tatap muka terbatas, sejalan dengan Surat Keputusan Bersama (SKB) 4 Menteri. Akselerasi pertumbuhan pada tahun 2022 (15,5%) mengindikasikan peningkatan intensitas aktivitas kampus, di mana perpustakaan, laboratorium, dan ruang tutorial mulai beroperasi dengan kapasitas lebih besar. Studi Xu et al. (2022) menunjukkan tren serupa di Universitas Twente, Belanda, di mana konsumsi listrik kampus meningkat kembali seiring pelonggaran pembatasan dan adopsi model hibrida [18].

Fenomena Konsumsi Energi Pasca Pandemi. Temuan menarik dari penelitian ini adalah konsumsi energi pada periode 2023-2024 yang melampaui level pra-pandemi dengan peningkatan 25,7%. Fenomena ini mencerminkan transformasi struktural dalam operasional kampus. Pertama, ekspansi infrastruktur digital selama pandemi tidak dihentikan pasca pandemi. Penambahan server, sistem manajemen pembelajaran digital, dan infrastruktur teknologi informasi lainnya tetap beroperasi untuk mendukung pembelajaran hibrida permanen. Kedua, pembelajaran hibrida memerlukan fasilitas yang lebih kompleks, termasuk ruang kelas dengan sistem streaming, peralatan recording, dan infrastruktur teknologi yang lebih intensif energi dibandingkan pembelajaran konvensional. Ketiga, peningkatan jumlah mahasiswa dan aktivitas penelitian pasca pandemi turut berkontribusi pada peningkatan konsumsi energi. Fenomena serupa dicatat oleh Ayadi et al. (2023) di Universitas Yordania, di mana sistem pembelajaran hybrid yang dipertahankan pasca-pandemi menyebabkan konsumsi energi meningkat melebihi tingkat sebelum pandemi [7].

Implikasi untuk Efisiensi Energi dan Keberlanjutan Kampus. Peningkatan konsumsi energi pasca pandemi menimbulkan tantangan baru dalam konteks efisiensi energi dan keberlanjutan

kampus. Penelitian Chung dan Rhee (2014) menunjukkan bahwa kampus memiliki potensi penghematan energi hingga 20-30% melalui optimalisasi sistem dan perubahan perilaku pengguna [28]. Dalam konteks UT, beberapa strategi dapat dipertimbangkan: optimalisasi jadwal operasional gedung dengan menyesuaikan jam operasi berdasarkan pola penggunaan aktual; implementasi sistem manajemen energi berbasis IoT untuk monitoring dan kontrol konsumsi energi real-time; transisi bertahap ke energi terbarukan melalui instalasi panel surya di gedung-gedung kampus; dan program peningkatan kesadaran civitas akademika tentang pentingnya efisiensi energi.

Keterbatasan dan Penelitian Lanjutan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Analisis hanya menggunakan data konsumsi total tanpa rincian per gedung atau per fungsi, sehingga tidak dapat mengidentifikasi secara spesifik area-area yang paling berkontribusi pada konsumsi energi. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan menggunakan data yang lebih granular untuk mengidentifikasi potensi efisiensi yang lebih spesifik. Selain itu, penelitian ini tidak menganalisis faktor-faktor eksternal seperti variasi suhu, kelembaban, atau kondisi cuaca yang dapat memengaruhi konsumsi energi. Penelitian lanjutan dengan memasukkan variabel-variabel kontrol ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang determinan konsumsi energi kampus.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan penting. Pertama, terdapat transformasi signifikan dalam pola konsumsi energi listrik di UT Pondok Cabe selama periode 2019-2024. Penurunan drastis 18,0% pada tahun 2020 mencerminkan dampak langsung pandemi COVID-19 dan pembatasan aktivitas kampus, dengan nilai minimum 317,74 kWh yang tercatat pada Mei 2020 menandai titik terendah konsumsi energi selama periode penelitian.

Kedua, pemulihan konsumsi energi terjadi sejak tahun 2021 dengan pertumbuhan 13,7%, diikuti akselerasi pertumbuhan 15,5% pada tahun 2022. Pola pemulihan ini mencerminkan adaptasi bertahap institusi terhadap kondisi new normal melalui implementasi pembelajaran hibrida dan reaktivasi fasilitas kampus.

Ketiga, konsumsi energi pada periode 2023-2024 melampaui level pra-pandemi, dengan rata-rata 2024 mencapai 675,31 kWh atau 25,7% lebih tinggi dari tahun 2019. Fenomena ini mengindikasikan perubahan struktural dalam operasional kampus, termasuk ekspansi

infrastruktur digital dan penerapan pembelajaran hibrida permanen yang lebih intensif energi.

Keempat, transformasi model pembelajaran dari konvensional ke daring, lalu ke hibrida, berpengaruh signifikan terhadap pola konsumsi energi listrik kampus. Hal ini menegaskan pentingnya strategi pengelolaan energi yang adaptif dan responsif terhadap perubahan model pembelajaran.

Penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi praktis. Pertama, perlu dikembangkan strategi efisiensi energi berbasis data untuk mengoptimalkan konsumsi energi di era pembelajaran hibrida. Kedua, implementasi sistem monitoring energi real-time dapat membantu identifikasi area-area yang memerlukan optimalisasi. Ketiga, transisi bertahap ke energi terbarukan perlu dipertimbangkan sebagai bagian dari komitmen terhadap keberlanjutan kampus. Keempat, program peningkatan kesadaran civitas akademika tentang efisiensi energi perlu dilaksanakan secara berkelanjutan.

Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk melakukan analisis yang lebih mendalam dengan data konsumsi energi per gedung atau per fungsi, serta memasukkan variabel-variabel kontrol seperti kondisi cuaca dan pola penggunaan ruang. Penelitian komparatif dengan institusi pendidikan tinggi lainnya juga akan memberikan perspektif yang lebih luas tentang pola konsumsi energi di sektor pendidikan tinggi Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Gui, Z. Gou, and F. Zhang, "The relationship between energy use and space use of higher educational buildings in subtropical Australia," *Energy Build.*, vol. 211, p. 109799, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.109799.
- [2] X. Gui, Z. Gou, and Y. Lu, "Reducing university energy use beyond energy retrofitting: The academic calendar impacts," *Energy Build.*, vol. 231, p. 110647, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110647.
- [3] S. O. Oyedepo et al., "Assessment of Economic and Environmental Impacts of Energy Conservation Strategies in a University Campus," in *Green Energy*, 1st ed., S. L. Tripathi and S. Padmanaban, Eds., Wiley, 2020, pp. 441–468. doi: 10.1002/9781119760801.ch16.
- [4] M. C. Diaz, M. Viveros Mira, E. C. Quispe, R. Castrillón, A. Lasso, and J. R. Vidal, "A Methodology to Analyze Significant Energy Uses and Energy Consumption for Improving Energy Performance in Higher Education Buildings," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 13, no. 6, pp. 636–649, Nov. 2023, doi: 10.32479/ijeep.14974.
- [5] E. A. Ocampo Battle, J. C. Escobar Palacio, E. E. Silva Lora, A. M. Martínez Reyes, M. Melian Moreno, and M. B. Morejón, "A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI)," *J. Clean. Prod.*, vol. 244, p. 118551, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118551.
- [6] A. Suyuti, I. Kitta, Gassing, Hardiansyah, Riskawati, and A. Amri, "Impact of the Covid 19 pandemic on electricity consumption in universities," presented at the PROCEEDING OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY, MANUFACTURE, ADVANCED

- MATERIAL AND MECHATRONICS 2021, Gowa, Indonesia, 2023, p. 020003. doi: 10.1063/5.0127867.
- [7] O. Ayadi et al., "Impacts of COVID-19 on educational buildings energy consumption: case study of the university of Jordan," *Front. Built Environ.*, vol. 9, p. 1212423, July 2023, doi: 10.3389/fbuil.2023.1212423.
- [8] K. Chaloeitoy, V. Inkarojrit, and A. Thanachareonkit, "Electricity Consumption in Higher Education Buildings in Thailand during the COVID-19 Pandemic," *Buildings*, vol. 12, no. 10, p. 1532, Sept. 2022, doi: 10.3390/buildings12101532.
- [9] H. Herring and R. Roy, "Sustainable services, electronic education and the rebound effect," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 22, no. 5, pp. 525–542, Oct. 2002, doi: 10.1016/S0195-9255(02)00026-4.
- [10] S. Thorne, "University of California Sustainability: A Multi-Criteria Decision Analysis of Distance Learning," 2019, Accessed: Oct. 04, 2025. [Online]. Available: <https://consensus.app/papers/university-of-california-sustainability-a-multicriteria-thorne/c78ff267df8952638bdb7b5621cfe2a4/>
- [11] L.-A. Casado-Aranda, S. S. Caeiro, J. Trindade, A. Paço, D. Lizcano Casas, and A. Landeta, "Are distance higher education institutions sustainable enough? – A comparison between two distance learning universities," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 22, no. 4, pp. 709–730, July 2021, doi: 10.1108/IJSHE-07-2020-0260.
- [12] M. Chihib, E. Salmerón-Manzano, M. Chourak, A.-J. Perea-Moreno, and F. Manzano-Agugliaro, "Impact of the COVID-19 Pandemic on the Energy Use at the University of Almeria (Spain)," *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 5843, May 2021, doi: 10.3390/su13115843.
- [13] A. N. A. Shadrina, A. A. Setiawan, and L. M. Putranto, "Impact of COVID-19 against energy consumption projection: Study cases in East Java, Indonesia," presented at the THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN, ENERGY, MATERIALS AND MANUFACTURE 2021 (ICDEMM 2021), Pekanbaru, Indonesia, 2023, p. 030011. doi: 10.1063/5.0114444.
- [14] K. Nweye and Z. Nagy, "Impact of COVID-19 on Academic Campus Energy Use," in *Proceedings of the 7th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation, Virtual Event Japan: ACM*, Nov. 2020, pp. 322–323. doi: 10.1145/3408308.3431123.
- [15] T. Kamide and K. Hiyama, "SURVEY OF ENERGY CONSUMPTION CHARACTERISTICS ON LARGE-SCALE UNIVERSITY CAMPUSES BEFORE AND AFTER THE SPREAD OF COVID-19," *AIJ J. Technol. Des.*, vol. 29, no. 71, pp. 286–291, Feb. 2023, doi: 10.3130/aijt.29.286.
- [16] V. Pujani, F. Akbar, and R. Nazir, "Managing Electricity Consumption on Campus: The Effect of Online Learning from Home," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 384–395, May 2023, doi: 10.32479/ijeep.14147.
- [17] Pontificia Universidad Católica de Chile, E. Aguayo-Ulloa, C. Valderrama-Ulloa, and F. Rouault, "Analysis of energy data of existing buildings in a University Campus," *Rev. Constr.*, pp. 172–182, May 2018, doi: 10.7764/RDLC.17.1.172.
- [18] S. Xu et al., "Impact of the COVID-19 on electricity consumption of open university campus buildings – The case of Twente University in the Netherlands," *Energy Build.*, vol. 279, p. 112723, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112723.
- [19] V. dos S. Skrzyzowski et al., "Mapping Drivers, Barriers, and Trends in Renewable Energy Sources in Universities: A Connection Based on the SDGs," *Sustainability*, 2024, doi: 10.3390/su16156583.
- [20] S. I. Popoola, A. A. Atayero, T. T. Okanlawon, B. I. Omopariola, and O. A. Takpor, "Smart campus: Data on energy consumption in an ICT-driven university," *Data Brief*, vol. 16, pp. 780–793, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.dib.2017.11.091.
- [21] H. Moraliyage, N. Mills, P. Rathnayake, D. D. Silva, and A. Jennings, "UNICON: An Open Dataset of Electricity, Gas and Water Consumption in a Large Multi-Campus University Setting," 2022 15th Int. Conf. Hum. Syst. Interact. HSI, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1109/HSI55341.2022.9869498.
- [22] O. Han and J. Kim, "Uncertainty Analysis on Electric Power Consumption," *Comput. Mater. Contin.*, vol. 68, no. 2, pp. 2621–2632, 2021, doi: 10.32604/cmc.2021.014665.
- [23] L. H. T. Bandória, B. Cortes, and M. C. De Almeida, "Statistical characterization of electricity use profile: Leveraging data analytics for stochastic simulation in a smart campus," *Energy Build.*, vol. 324, p. 114934, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.enbuild.2024.114934.
- [24] D.-H. Ryu, Y. M. Ko, Y.-J. Kim, M. Song, and K.-J. Kim, "Collection and Analysis of Electricity Consumption Data: The Case of POSTECH Campus," in *AI and Analytics for Public Health*, H. Yang, R. Qiu, and W. Chen, Eds., in *Springer Proceedings in Business and Economics.*, Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 329–342. doi: 10.1007/978-3-030-75166-1\_24.
- [25] P. Bastida-Molina, J. Torres-Navarro, A. Honrubia-Escribano, I. Gallego-Giner, and E. Gómez-Lázaro, "A detailed analysis of electricity consumption at the University of Castilla-La Mancha (Spain)," *Energy Build.*, vol. 289, p. 113046, June 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2023.113046.
- [26] Y. Guo, C.-W. Ten, and P. Jirutitijaroen, "Online Data Validation for Distribution Operations Against Cyber tampering," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 29, no. 2, pp. 550–560, Mar. 2014, doi: 10.1109/TPWRS.2013.2282931.
- [27] Y. Chen, W. X. Xue, and X. L. Xie, "Big-Data-Based Modeling of Electricity Consumption Behavior," in 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), Chongqing: IEEE, Oct. 2018, pp. 1380–1387. doi: 10.1109/IAEAC.2018.8577770.
- [28] J. Sproul, M. P. Wan, B. H. Mandel, and A. H. Rosenfeld, "Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States," *Energy Build.*, vol. 71, pp. 20–27, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.11.058.