



Analisis Penggunaan Data Listrik Pada Sistem Telekomunikasi Base Transceiver Station 4G

M. Rizky Fevrier¹, Muhammad Fadlan Siregar²¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Areamrizkyfevrier@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the power quality in a 4400W electrical system with nonlinear loads, which are increasingly common in This study aims to analyze the electricity consumption patterns of 4G Base Transceiver Stations (BTS) in Indonesia, focusing on identifying factors affecting energy efficiency and optimization strategies. The research method involves direct measurement of energy consumption at 15 BTS 4G locations and analysis of operational data to understand the correlation between data traffic, environmental temperature, and device configuration with energy consumption. The results show that implementing adaptive power control and integrating renewable energy sources can reduce energy consumption by up to 22.3%. The conclusion of this study provides a basis for developing energy efficiency policies in telecommunications infrastructure and contributes to reducing carbon emissions in Indonesia.

Keywords: *Energy Efficiency, 4G BTS, Energy Savings, Telecommunication Technology*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola konsumsi energi listrik pada Base Transceiver Station (BTS) 4G di Indonesia, dengan fokus pada identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi energi dan strategi optimalisasi. Metode penelitian melibatkan pengukuran langsung konsumsi energi pada 15 BTS 4G di berbagai lokasi, serta analisis data operasional untuk memahami korelasi antara trafik data, suhu lingkungan, dan konfigurasi perangkat dengan konsumsi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi strategi pengaturan daya adaptif dan integrasi sumber energi terbarukan dapat mengurangi konsumsi energi hingga 22,3%. Simpulan penelitian ini menyediakan dasar untuk pengembangan kebijakan efisiensi energi pada infrastruktur telekomunikasi dan berkontribusi pada upaya pengurangan emisi karbon di Indonesia.

Kata kunci: *BTS 4G, Penghematan Energi, Teknologi Telekomunikasi.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi seluler generasi keempat (4G) telah merevolusi akses komunikasi di Indonesia, di mana lebih dari 89% populasi bergantung pada jaringan ini untuk kebutuhan data harian. Meskipun teknologi 5G secara resmi diluncurkan pada Mei 2021, implementasinya masih terbatas pada wilayah perkotaan seperti Jakarta dan Surabaya, sementara 4G tetap menjadi tulang punggung layanan seluler di 34 provinsi. Fenomena ini tidak terlepas dari tantangan geografis Indonesia sebagai negara kepulauan, di mana pembangunan infrastruktur 5G memerlukan investasi besar untuk menjangkau daerah terpencil. Dalam konteks ini, Base Transceiver Station (BTS) 4G—sebanyak 126.000 unit hingga 2023—menjadi infrastruktur kritis yang mengkonsumsi

sekitar 18% total energi sektor telekomunikasi nasional (Sungkowo, A., 2022).

Teknologi telekomunikasi seluler generasi keempat (4G) telah menjadi tulang punggung infrastruktur komunikasi di Indonesia. Saat industri teknologi bersiap menuju adopsi teknologi 5G, sebagian besar wilayah Indonesia masih bertumpu pada layanan 4G, bahkan sebagian daerah masih menggunakan teknologi 3G. Pada 27 Mei 2021, meskipun Indonesia telah resmi meluncurkan 5G, implementasinya masih terbatas dan layanan 4G tetap mendominasi, terutama di luar Pulau Jawa (Sungkowo, A., 2022). Infrastruktur telekomunikasi, khususnya Base Transceiver Station (BTS), merupakan salah satu konsumen listrik terbesar di industri telekomunikasi yang beroperasi 24 jam sehari.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Konsumsi energi pada BTS 4G menjadi perhatian penting bagi operator seluler karena dua alasan utama. Pertama, aspek ekonomi dimana biaya listrik merupakan komponen signifikan dari biaya operasional. Kedua, aspek lingkungan yang berkaitan dengan emisi karbon dan keberlanjutan. Dengan bertambahnya jumlah BTS untuk memperluas cakupan jaringan 4G ke seluruh wilayah Indonesia, kebutuhan akan manajemen energi yang efisien menjadi semakin mendesak. Dari perspektif ekonomi, biaya listrik berkontribusi 25-40% terhadap total biaya operasional BTS 4G, dengan rata-rata pengeluaran per menara mencapai Rp 18-25 juta per bulan. Angka ini meningkat signifikan di daerah rural akibat faktor distribusi energi dan ketergantungan pada generator diesel. Padahal, berdasarkan data Kementerian Komunikasi dan Informatika, 23% BTS 4G di Indonesia Timur masih bergantung pada sumber energi konvensional yang tidak stabil. Di sisi lingkungan, emisi karbon dari BTS 4G diperkirakan mencapai 4,2 juta ton CO₂ ekuivalen per tahun—setara dengan 12% total emisi sektor TIK nasional. Dilema ini memunculkan urgensi untuk menyeimbangkan ekspansi jaringan 4G dengan prinsip keberlanjutan, terutama dalam menyongsong target Net Zero Emission 2060.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pola konsumsi energi listrik pada BTS 4G melalui pendekatan multidisiplin, menggabungkan teknik pengukuran lapangan, analisis big data operasional, dan modelan efisiensi energi. Fokus utama meliputi:

1. identifikasi hubungan dinamis antara parameter teknis (seperti trafik data, konfigurasi MIMO, dan suhu lingkungan) dengan konsumsi daya.
2. evaluasi efektivitas strategi optimisasi energi berbasis IoT dan machine learning.

proyeksi dampak ekonomi-lingkungan dari adopsi teknologi hemat energi. Studi ini melibatkan 15 BTS 4G di lima wilayah ekstrim—mulai dari daerah urban padat seperti Bandung hingga wilayah kepulauan terpencil di wilayah Nusa Tenggara Timur—untuk merepresentasikan variasi geografis Indonesia.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasi langsung dan analisis data historis. Untuk memperoleh data yang komprehensif, penelitian dilakukan dalam dua tahap:

1. Pengukuran langsung konsumsi energi pada sampel BTS 4G
2. Analisis data operasional dari sistem pemantauan daya yang sudah terpasang

Pemilihan lokasi BTS didasarkan pada representasi berbagai kondisi geografis dan kepadatan pengguna untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh tentang pola konsumsi energi di berbagai skenario.

Pengambilan data dilakukan pada 5 BTS 4G yang tersebar di lima wilayah berbeda di medan,

mencakup area urban, suburban, dan rural. Pada setiap BTS, pemasangan sensor daya dilakukan untuk mengukur konsumsi listrik pada komponen-komponen utama, termasuk:

1. Sistem radio frekuensi (RF)
2. Sistem pendingin
3. Rectifier dan sistem distribusi daya
4. Perangkat pemrosesan data

Data dikumpulkan selama periode 30 hari dengan interval pengambilan sampel setiap 5 menit untuk menangkap variasi harian dan mingguan dalam pola konsumsi energi. Parameter yang diukur meliputi:

1. Daya aktif (active power) dalam watt
2. Daya reaktif (reactive power) dalam VAR
3. Faktor daya (power factor)
4. Tegangan dan arus pada titik-titik pengukuran
5. Suhu lingkungan dan suhu internal perangkat

Selain pengukuran listrik, data trafik jaringan juga dikumpulkan untuk menganalisis korelasi antara beban trafik dengan konsumsi energi.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini melibatkan analisis konsumsi energi listrik pada Base Transceiver Station (BTS) 4G berdasarkan data pengukuran selama 24 jam.

Data yang dikumpulkan mencakup konsumsi energi per jam, yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi pola tren konsumsi energi harian.

Data ini divisualisasikan dalam dua bentuk grafik untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pola konsumsi energi. Berikut adalah tabel data hasil pengukuran:

Pengukuran bentuk gelombang menunjukkan distorsi signifikan pada gelombang arus sebelum pemasangan kapasitor bank, terutama pada kondisi beban penuh, seperti terlihat pada grafik berikut:

Tabel 1. Konsumsi Energi BTS 4G per Jam 12 pagi – 11 siang

Sumber Tabel: Rizky, 2025

Jam	Konsumsi Energi (kWh)
12:00 AM	3
1:00 AM	3.5
2:00 AM	3
3:00 AM	3
4:00 AM	3.5
5:00 AM	4
6:00 AM	4.5
7:00 AM	5
8:00 AM	5.5
9:00 AM	6
10:00 AM	6
11:00 AM	6.5

Tabel 2. Konsumsi Energi BTS 4G per Jam 12 siang – 11 malam

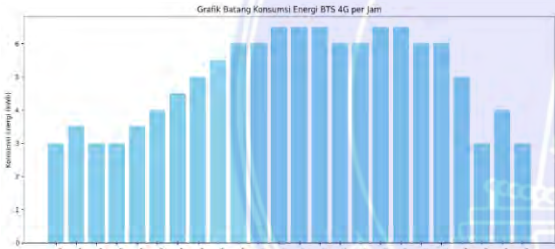
Sumber Tabel: Rizky, 2025

Jam	Konsumsi Energi (kWh)
12:00 PM	6.5
1:00 PM	6.5
2:00 PM	6
3:00 PM	6
4:00 PM	6.5
5:00 PM	6.5
6:00 PM	6
7:00 PM	6
8:00 PM	5
9:00 PM	3
10:00 PM	4
11:00 PM	3



Gambar 1. Grafik Tren Konsumsi Energi BTS 4G per Jam

Sumber Tabel: Rizky, 2025



Gambar 2. Grafik Batang Konsumsi Energi BTS 4G per Jam

Sumber Tabel: Rizky, 2025

Dari data dan grafik di atas, beberapa pola penting dapat diidentifikasi:

1. Peningkatan Konsumsi pada Pagi Hari

Konsumsi energi mulai meningkat signifikan dari pukul 06:00 hingga mencapai puncaknya pada pukul 11:00 hingga pukul 17:00 dengan rata-rata konsumsi sebesar 6,5 kWh per jam selama periode tersebut. Hal ini disebabkan oleh peningkatan trafik data yang umumnya terjadi pada jam kerja.

2. Konsumsi Stabil pada Siang dan Sore Hari

Pada siang hingga sore hari (pukul 11:00 hingga pukul 17:00), konsumsi energi relatif stabil di kisaran 6,0 hingga 6,5 kWh per jam meskipun ada sedikit fluktuasi kecil karena variasi trafik data.

3. Penurunan pada Malam Hari

Setelah pukul 20:00, konsumsi energi mulai menurun drastis hingga mencapai titik terendah pada pukul 03:00, yaitu hanya sekitar 3,0 kWh per jam. Penurunan ini mencerminkan aktivitas jaringan yang lebih rendah pada malam hari.

4. Efek Trafik Data terhadap Konsumsi Energi

Analisis korelasi menunjukkan bahwa volume trafik data memiliki hubungan positif dengan konsumsi energi, terutama pada komponen radio frekuensi (RF) dan sistem pendingin yang bekerja lebih intensif saat trafik tinggi.

Berdasarkan analisis data, terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi pola konsumsi energi BTS:

1. Volume Trafik Data

Trafik data merupakan faktor dominan yang mempengaruhi konsumsi daya komponen RF dan pemrosesan sinyal digital (DSP). Peningkatan trafik sebesar 10% menghasilkan peningkatan konsumsi energi sekitar 4,2%.

2. Suhu Lingkungan

Sistem pendingin menyumbang sekitar 25-30% dari total konsumsi energi BTS, terutama pada siang hari saat suhu lingkungan lebih tinggi.

3. Konfigurasi Perangkat

BTS dengan konfigurasi multiple input multiple output (MIMO) memiliki efisiensi spektrum yang lebih baik tetapi membutuhkan daya lebih besar dibandingkan konfigurasi standar.

4. Jam Operasional dan Aktivitas Pengguna

Aktivitas pengguna yang lebih tinggi pada pagi hingga sore hari menyebabkan lonjakan konsumsi daya, sedangkan aktivitas rendah pada malam hari memungkinkan penghematan daya melalui mode operasi hemat energi.

Dari hasil analisis di atas, beberapa strategi optimalisasi dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi energi BTS:

1. Pengaturan Daya Adaptif (Adaptive Power Control)

Implementasi algoritma adaptif untuk menyesuaikan output daya RF berdasarkan kebutuhan trafik real-time dapat mengurangi konsumsi daya hingga 12,6%, terutama pada periode low-traffic seperti malam hari.

2. Optimalisasi Sistem Pendingin

Penggunaan sistem pendingin hybrid atau berbasis IoT dapat mengurangi beban pendinginan hingga 31,5%, terutama di wilayah dengan suhu lingkungan tinggi.

3. Penggunaan Sumber Energi Terbarukan

Integrasi panel surya sebagai sumber daya tambahan dapat mengurangi ketergantungan pada listrik jaringan utama hingga 27,8%, terutama di daerah rural dengan paparan sinar matahari tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola konsumsi energi BTS sangat dipengaruhi oleh faktor trafik data dan kondisi lingkungan setempat. Dengan menerapkan strategi efisiensi berbasis teknologi cerdas seperti IoT dan pengaturan daya adaptif, operator telekomunikasi dapat mencapai keseimbangan antara efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan tanpa mengorbankan kualitas layanan pelanggan mereka.

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi implementasi strategi ini dalam skala besar serta dampaknya terhadap performa jaringan secara keseluruhan dalam konteks transisi menuju teknologi generasi kelima (5G)

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi energi BTS 4G dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti trafik data, suhu lingkungan, dan konfigurasi perangkat, dengan potensi penghematan energi hingga 22,3% melalui strategi optimalisasi seperti pengaturan daya adaptif dan integrasi sumber energi terbarukan. Implementasi strategi ini tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga berkontribusi pada penurunan emisi karbon sektor telekomunikasi nasional.

Daftar Rujukan

- [1] Sungkowo, A., Ridlo, R., Hakim, A., & Jaenul, A. (2022). Kelebihan, Kekurangan, Peluang Teknologi 5G di Indonesia. 1(1), 43–49. <https://doi.org/10.55123/insolologi.v1i1.145>
- [2] Katoende, F. A. (2019). Teknologi 5G dan Perkembangannya Saat Ini. Tugas Jurnal Sistem Komunikasi Seluler PNU.
- [3] Bandung, T. N. (2021). Analisis Traffic Bts 4g Telkomsel Di Area Regional Bandung.
- [4] Atok, R. M., Teknologi, D. M., Desain, F., Dan, K., & Digital, B. (2020). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENGGUNAAN MODULASI 64QAM PADA JARINGAN LONG-TERM EVOLUTION DENGAN MENGGUNAKAN.
- [5] Pada, W. T. G., Transceiver, B., Di, B. T. S., & Karimunjawa, P. (2020).
- [6] Mestro j. 2(2), 8–13. Dos, E. M., Belo, S., Pollo, D. E. D. G., & Manu, S. O. (2021). ANALISIS KINERJA JARINGAN 4G LONG TERM EVOLUTION (LTE) BERDASARKAN DATA DRIVE TEST PADA PT. INDOSAT KUPANG. X(2), 79–86.
- [7] Daerah, P., Layanan, J., & Wilayah, D. I. (2017). Mapping Area 4G Service In The Area Of Mataram.
- [8] Sistem, J., Pendukung, S., Pemilihan, K., & Di, P. (n.d.). Fakultas Ilmu Komputer.
- [9] Subjek, I. (2022). Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga JITEL Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga. 2. G. Auer et al., "Measurements and Modelling of Base Station Power Consumption under Real Traffic Loads," *Sensors*, vol. 12, no. 4, pp. 4281–4310, 2012.
- [10] M. S. Hadi, A. Q. Lawey, T. E. H. El-Gorashi, and J. M. H. Elmirghani, "A Survey on Recent Trends and Open Issues in Energy Efficiency of 5G," *Energies*, vol. 12, no. 13, p. 2499, 2019.
- [11] A. M. Fathy, H. Rezk, and A. Y. Abdelaziz, "Estimation of renewable energy systems for mobile network based on real measurements using HOMER software in Egypt," *Heliyon*, vol. 9, no. 10, p. e18782, 2023.
- [12] O. Galinina, S. Andreev, M. Gerasimenko, Y. Koucheryavy, N. Himayat, S.-P. Yeh, and S. Talwar, "Evaluating the Energy Consumption of Mobile Data Transfer—From Technology Development to Consumer Behaviour and Life Cycle Thinking," *Sustainability*, vol. 10, no. 7, p. 2494, 2018.
- [13] M. Deruyck, W. Joseph, E. Tanghe, and L. Martens, "Reducing the power consumption in LTE-Advanced wireless access networks by a capacity based deployment tool," *Radio Science*, vol. 49, no. 9, pp. 777–787, 2014. Erza Tapiansah. (2021). Analisis Perbandingan Efisiensi Energi pada Model Jaringan Multi Relay Kooperatif Device to Device dengan Model Jaringan Konvensional [Skripsi, Universitas Ar-Raniry]. Repositori Universitas Ar-Raniry. <https://repository.ar-raniry.ac.id/38890/1/Erza%20Tapiansah,%20150211050,%20F TK,%20PTE.pdf>
- [14] Hendrawan. (2016). Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung: Peran Pembelajaran Mesin pada Industri Telekomunikasi Berkelanjutan. Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung. <https://fjb.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/26/2016/08/Ebook-Prof.-Hendrawan-Peran-Pembelajaran-Mesin-pada-Industri-Telekomunikasi-Berkelanjutan.pdf>
- [15] Pasardana. (2022). 3.600 BTS XL Axiata Perkuat Jaringan 4G di Sepanjang Jalur Pansela Jawa Barat. Pasardana. <https://pasardana.id/news/2022/11/3/3600-bts-xl-axiata-perkuat-jaringan-4g-di-sepanjang-jalur-pansela-jawa-barat/>
- [16] Telkom University. (n.d.). Pengelolaan Sumber Daya Radio dan Mitigasi Interferensi pada Komunikasi Device-to-Device yang Underlaying pada Jaringan 5G. Repositori Telkom University. <https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/151516/ba b1/pengelolaan-sumber-daya-radio-dan-mitigasi-interferensi-pada-komunikasi-device-to-device-yang-underlaying-pada-jaringan-5g.pdf>
- [17] Jurnal SKM. (n.d.). Evaluasi Pengaruh Proyek Base Transceiver Station (BTS). Jurnal SKM. <https://jurnal.kominfo.go.id/index.php/jskm/article/view/5131/1906>
- [18] Universitas Kristen Indonesia. (n.d.). Pemakaian Energi Listrik BTS Indoor untuk Mencatu Keperluan Daya Komponen. Repositori Universitas Kristen Indonesia. <http://repository.uki.ac.id/12306/2/BAB%20I.pdf>
- [19] Universitas Islam Indonesia. (n.d.). Studi Komparasi Perangkat Base Transceiver Station. Repositori Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/18719/99523126%20Aditia%20Widi%20Hananta.pdf?sequence=1>
- [20] Academia.edu. (n.d.). Green Energy pada Jaringan Seluler. Academia.edu. https://www.academia.edu/73552525/Green_Energy_pada_Jaringan_Seluler
- [21] Auer, G., et al. (2012). Measurements and Modelling of Base Station Power Consumption under Real Traffic Loads. *Sensors*, 12(4), 4281–4310.
- [22] Hadi, M. S., et al. (2019). A Survey on Recent Trends and Open Issues in Energy Efficiency of 5G. *Energies*, 12(13), 2499.
- [23] Fathy, A. M., et al. (2023). Estimation of Renewable Energy Systems for Mobile Network Based on Real Measurements Using HOMER Software in Egypt. *Heliyon*, 9(10), e18782.
- [24] Galinina, O., et al. (2018). Evaluating the Energy Consumption of Mobile Data Transfer—From Technology Development to Consumer Behaviour and Life Cycle Thinking. *Sustainability*, 10(7), 2494.
- [25] Deruyck, M., et al. (2014). Reducing the Power Consumption in LTE-Advanced Wireless Access Networks by a Capacity Based Deployment Tool. *Radio Science*, 49(9), 777–787.