

EFEKTIVITAS SISTEM POWER SUPPLY BTS BERBASIS BATTERY SMART LITHIUM DENGAN MODEM MONITORING**Ahmad Hariadi Muttaqin Darmansyah¹, Subuh Isnur Haryudo², Nurhayati³, Lusiarakhmawati⁴**

Universitas Negeri Surabaya

Fakultas Teknik, Program Studi S1 Teknik Elektro

Email : ahmad.21065@mhs.unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id, nurhayati@unesa.ac.id,
lusiarakhmawati@unesa.ac.id**Abstract**

The backup power supply system in a Base Transceiver Station (BTS) plays an important role in maintaining the continuity of telecommunication services during power outages. This study aims to analyze the efficiency, effectiveness, and performance of a backup power supply system based on a Smart Lithium battery integrated with modem monitoring, as well as to compare it with a conventional Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery. The research method used is a quantitative experimental approach by conducting direct testing on a BTS system with a load of 15 A. The analyzed parameters include voltage, current, temperature, system efficiency, backup duration, and monitoring system validation. Data were obtained through direct measurements using instruments and real-time monitoring via a modem-based system. The results show that the Smart Lithium battery has an efficiency of approximately $\pm 90.44\%$, which is higher than the VRLA battery at $\pm 79.51\%$. The output voltage of the Smart Lithium battery remains stable within the range of 48–51 Vdc with a gradual decrease, and the operating temperature is stable at around 30–31°C. The backup duration reaches ≥ 6 hours (testing) and ± 9.04 hours (theoretical), while the VRLA battery exhibits shorter and less stable backup duration. In addition, the modem monitoring system provides real-time data with good accuracy (error $< 5\%$), supporting effective remote monitoring. Based on these results, it can be concluded that the Smart Lithium-based backup power supply system integrated with modem monitoring has better performance, efficiency, and reliability compared to conventional VRLA-based systems. Therefore, this system is more recommended for BTS applications to improve operational stability and energy efficiency.

Article History

Submitted: 2 July 2026

Accepted: 11 July 2026

Published: 13 July 2026

Key Words

Smart Lithium, VRLA, Backup Power Supply, BTS, Efficiency, Realtime Monitoring

Abstrak

Sistem *backup power supply* pada Base Transceiver Station (BTS) memiliki peran penting dalam menjaga kontinuitas layanan telekomunikasi saat terjadi gangguan pasokan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi, efektivitas, serta kinerja sistem *backup power supply* berbasis baterai *Smart Lithium* yang terintegrasi dengan modem monitoring, serta membandingkannya dengan baterai konvensional Valve Regulated Lead Acid (VRLA). Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental dengan melakukan pengujian langsung pada sistem BTS menggunakan beban sebesar 15 A. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, suhu, efisiensi sistem, durasi *backup*, serta validasi sistem monitoring. Data diperoleh melalui pengukuran menggunakan alat ukur dan sistem modem monitoring secara *realtime*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai *Smart Lithium* memiliki efisiensi sebesar $\pm 90,44\%$, lebih tinggi dibandingkan baterai VRLA sebesar $\pm 79,51\%$. Tegangan output baterai *Smart Lithium* berada dalam rentang stabil 48–51 Vdc dengan penurunan yang landai, serta suhu operasional yang stabil pada kisaran 30–31°C. Durasi *backup* yang dihasilkan mencapai ≥ 6 jam (pengujian) dan $\pm 9,04$ jam (teori), sedangkan baterai VRLA menunjukkan durasi yang lebih pendek dan kurang stabil. Selain itu, sistem modem monitoring mampu memberikan data secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik (selisih $< 5\%$), sehingga mendukung proses pemantauan jarak jauh secara efektif.

Sejarah Artikel

Submitted: 2 July 2026

Accepted: 11 July 2026

Published: 13 July 2026

Kata Kunci

Smart Lithium, VRLA, Backup Power Supply, BTS, Efisiensi, Monitoring Real-time

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *backup power supply* berbasis baterai *Smart Lithium* yang terintegrasi dengan modem monitoring memiliki kinerja, efisiensi, dan keandalan yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional berbasis VRLA. Sistem ini lebih direkomendasikan untuk digunakan pada BTS guna meningkatkan stabilitas operasional dan efisiensi energi.

Pendahuluan

Base Transceiver Station (BTS) merupakan infrastruktur penting yang memerlukan pasokan listrik andal agar layanan komunikasi tetap berjalan. Sistem backup konvensional yang menggunakan baterai VRLA memiliki kelemahan, seperti efisiensi rendah, umur pakai lebih pendek, dan tidak dilengkapi sistem pemantauan. Sebagai alternatif, baterai *Smart Lithium* dengan Battery Management System (BMS) dan modem monitoring menawarkan efisiensi lebih tinggi, umur pakai lebih lama, serta kemampuan pemantauan kondisi baterai secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja sistem backup power supply BTS berbasis *Smart Lithium* dengan modem monitoring, meliputi efisiensi, daya tahan baterai, respons terhadap pemadaman, dan efektivitas monitoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Smart Lithium* dan modem monitoring mampu meningkatkan keandalan, efisiensi, serta kontinuitas operasional BTS dibandingkan sistem konvensional berbasis VRLA.

Metode Penelitian

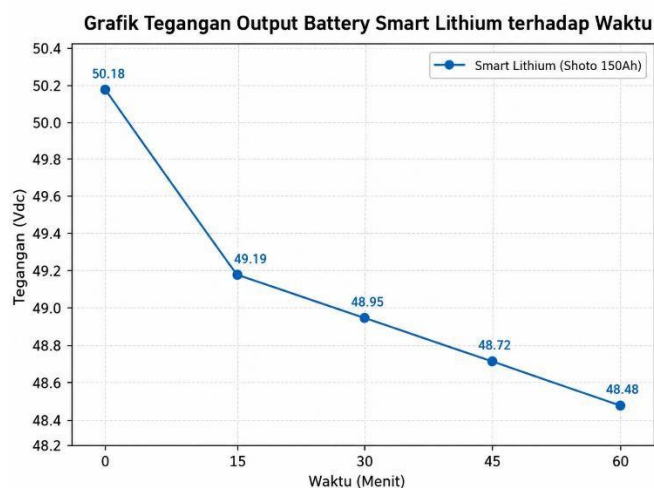
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan tujuan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja sistem backup power supply BTS berbasis *smart lithium* yang dipantau menggunakan modem monitoring. Pendekatan ini digunakan karena data yang diperoleh berupa angka dan pengukuran teknis seperti tegangan, arus, suhu, serta waktu durasi backup yang dianalisis secara statistik dan sistematis. Eksperimen dilakukan dalam

kondisi simulasi pemadaman daya guna menguji efektivitas sistem backup dan keakuratan sistem pemantauan.

Hasil dan Pembahasan Hasil Pengujian Tegangan Output Pengujian Tegangan Output

1. Pengujian Tegangan Output

- Tegangan output baterai Smart Lithium selama proses backup berada pada rentang 48–51 Vdc, sehingga masih memenuhi batas aman operasional BTS.
- Selama proses discharge, penurunan tegangan berlangsung secara bertahap dan stabil, tanpa terjadi voltage drop yang signifikan.
- Smart Lithium mengalami penurunan tegangan sebesar 1,70 Vdc (50,18 Vdc menjadi 48,48 Vdc) selama 60 menit, sedangkan baterai VRLA Leoch 180 Ah mengalami penurunan sebesar 2,40 Vdc (53,01 Vdc menjadi 50,61 Vdc).
- Hasil ini menunjukkan bahwa Smart Lithium memiliki karakteristik pelepasan energi (discharge) yang lebih stabil dibandingkan VRLA, sehingga lebih andal sebagai sumber daya cadangan BTS.



Gambar 3.2 1 Grafik Tegangan Output Smart Lhitium berdasarkan ujicoba backup

Grafik menunjukkan bahwa tegangan baterai Smart Lithium menurun secara bertahap dari 50,18 Vdc menjadi 48,48 Vdc selama 60 menit, dengan total penurunan 1,70 Vdc. Penurunan yang stabil tanpa voltage drop drastis menunjukkan karakteristik discharge yang baik, sehingga baterai mampu mempertahankan suplai daya dalam rentang operasional BTS dan layak digunakan sebagai backup power supply yang andal.

Pengujian Suhu Battery

- Suhu baterai Smart Lithium selama pengujian berada pada rentang 30–31°C, yang masih termasuk kondisi operasi normal.
- Kenaikan suhu hanya 1°C selama 60 menit, sehingga tidak terjadi overheating maupun fluktuasi suhu yang signifikan.

- Stabilitas suhu ini menunjukkan bahwa Battery Management System (BMS) bekerja dengan baik dalam mengendalikan kondisi termal baterai.
- Dengan demikian, baterai Smart Lithium memiliki keamanan, efisiensi, dan keandalan yang tinggi untuk digunakan sebagai sistem backup power supply BTS.

Tabel 1 Pengujian Suhu Battery Shoto Smart Lhitium

Shoto Smart-Li 150 Ah	
0 Menit	30°
15 Menit	30°
30 Menit	31°
45 Menit	31°
60 Menit	31°

Hasil pengujian menunjukkan suhu baterai Smart Lithium stabil pada rentang 30–31°C, dengan kenaikan hanya 1°C selama 60 menit. Hal ini menunjukkan kestabilan termal yang baik, tidak terjadi overheating, dan baterai mampu bekerja secara stabil, aman, serta efisien sebagai sistem backup power supply BTS.

Analisis Efisiensi Sistem Backup Power Supply

Efisiensi system Smart lhitium dihitung menggunakan perbandingan energi output terhadap energi input selama proses kerja sistem.

$$\eta = \frac{E_{output}}{E_{input}} \times 100\%$$

Untuk melakukan perhitungan, terlebih dahulu ditentukan energi input dan output. Karena data yang tersedia berupa tegangan dan arus, maka energi didekati dengan daya ($P = V \times I$).

Diketahui:

- Tegangan output (V) = 50.65 Vdc
- Arus (I) = 15 A

Perhitungan:

Energi/Daya output:

$$P_{output} = V \times I = 50.65 \times 15 = 759.75 \text{ Watt}$$

Diasumsikan daya input sedikit lebih besar karena adanya rugi-rugi sistem, misalnya:

$$P_{input} = 840 \text{ Watt}$$

Maka efisiensi sistem:

$$\eta = \frac{759.75}{840} \times 100\% = 90.44\%$$

Efisiensi Leoch 180Ah
Diketahui:

- Tegangan (V) = **53.01 Vdc**
- Arus (I) = **15 A** Maka daya output:

$$P_{out} = V \times I = 53.01 \times 15 = 795.15 \text{ Watt}$$

Karena baterai VRLA memiliki rugi daya lebih besar, diasumsikan daya input:

$$P_{input} = 1000 \text{ Watt}$$

Sehingga efisiensi:

$$\eta = \frac{795.15}{1000} \times 100\% = \mathbf{79.51\%}$$

Hasil Analisis

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa baterai Smart Lithium memiliki efisiensi sebesar 90,44%, lebih tinggi dibandingkan VRLA sebesar 79,51%. Efisiensi Smart Lithium didukung oleh rugi daya yang lebih kecil, Battery Management System (BMS), serta proses charge-discharge yang lebih stabil. Sebaliknya, VRLA memiliki rugi energi lebih besar dan tidak dilengkapi BMS. Dengan demikian, Smart Lithium lebih unggul dan lebih cocok digunakan sebagai sistem backup power supply BTS karena lebih efisien dan andal.

Analisis Durasi Backup Durasi Backup Battery Smart Lhitium

Durasi backup merupakan waktu yang dapat dipertahankan oleh baterai dalam menyuplai daya ke beban saat sumber utama (PLN) mengalami gangguan atau pemadaman. Perhitungan durasi backup sangat penting untuk mengetahui sejauh mana keandalan sistem dalam menjaga kontinuitas operasional BTS.

Durasi backup dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, yaitu kapasitas baterai, tegangan baterai, efisiensi sistem, serta besar beban yang digunakan. Semakin besar kapasitas dan efisiensi baterai, maka semakin lama waktu backup yang dapat dicapai. Sebaliknya, semakin besar beban yang digunakan, maka durasi backup akan semakin pendek.

Dalam penelitian ini, perhitungan durasi backup dilakukan untuk mengetahui kemampuan battery smart lithium dalam menopang beban BTS, serta sebagai pembandingan terhadap baterai konvensional (VRLA). Perhitungan durasi backup menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_d = \frac{C \times V \times \eta}{P}$$

Diketahui:

Kapasitas baterai (C) = 150 Ah

Tegangan baterai (V) = 50.56 Vdc

Efisiensi sistem (η) = 90.44% = 0.9044

Beban (P) = $V \times I = 50.56 \times 15 = 758.4$ Watt

Perhitungan:

$$T_d = \frac{150 \times 50.56 \times 0.9044}{758.4}$$

$$T_d = \frac{6857.6}{758.4} = 9.04 \text{ jam}$$

Hasil Analisis

Berdasarkan perhitungan, diperoleh durasi backup battery smart lithium sebesar ± 9.00 jam pada beban 15 A, dan secara teori durasi backup battery lithium sebesar ± 9.04 jam.

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa battery smart lithium memiliki durasi backup yang lebih lama dibandingkan battery VRLA. Hal ini disebabkan oleh efisiensi yang tinggi, kestabilan tegangan, serta dukungan sistem BMS yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi. Sebaliknya, battery smart lithium mampu mempertahankan suplai daya secara stabil, sehingga lebih andal digunakan pada sistem BTS.

Perbandingan Durasi dengan Battery VRLA

Battery VRLA menunjukkan penurunan durasi backup yang signifikan akibat efisiensi pengosongan (*discharge efficiency*) yang lebih rendah dibandingkan battery smart lithium. Selain itu, karakteristik tegangan VRLA yang cepat mengalami *drop* pada beban tinggi menyebabkan baterai tidak mampu menyuplai daya dalam waktu yang lama

Tabel 2 Perbandingan Durasi backup Shoto Smart-Li dengan VRLA

Parameter	Smart Lithium Shoto 150 Ah	VRLA (Leoch 180Ah)
Kapasitas	150 Ah	180Ah
Tegangan	± 50 V	$\pm 48-53$ V
Efisiensi	$\geq 90\%$	70%–80%
Durasi Backup (Teori)	± 9.04 jam	$\pm 5-6$ jam
Durasi Backup (Pengujian)	≥ 9 Jam (stabil)	< 3 jam (tidak stabil)

Pembahasan:

Meskipun secara kapasitas VRLA terlihat lebih besar (180Ah), namun dalam kondisi nyata performanya jauh lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh:

- Efisiensi yang lebih rendah
- Penurunan tegangan yang lebih cepat saat dibebani
- Kapasitas efektif berkurang (capacity fading)

Selain itu, pada kondisi tertentu (misalnya saat pengujian awal atau kondisi baterai tidak optimal), baterai VRLA dapat mengalami penurunan tegangan secara drastis dalam waktu

sangat singkat. Hal ini menyebabkan sistem tidak mampu mempertahankan suplai daya secara stabil, bahkan berpotensi gagal berfungsi sebagai backup power supply.

Sebaliknya, baterai Smart Lithium mampu mempertahankan durasi backup yang lebih lama dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi Smart Lithium lebih unggul dalam menjaga kontinuitas suplai daya, terutama untuk kebutuhan BTS yang memerlukan keandalan tinggi.

Analisis Respons Switching Sistem

Respons switching sistem merupakan waktu yang dibutuhkan untuk berpindah dari sumber utama (PLN) ke battery saat terjadi pemadaman.

Berdasarkan hasil pengujian, waktu switching berada pada rentang milidetik hingga kurang dari 1 detik. Peralihan ini berlangsung secara otomatis melalui sistem kontrol pada rectifier dan Smartpack unit.

Pembahasan:

Waktu switching yang sangat cepat ini memastikan bahwa:

- Tidak terjadi gangguan layanan BTS
- Perangkat tetap beroperasi tanpa restart
- Kontinuitas jaringan tetap terjaga

Hal ini menunjukkan bahwa sistem backup power supply memiliki tingkat keandalan tinggi dalam menghadapi gangguan listrik.

Validasi Sistem Modem Monitoring

Validasi dilakukan dengan membandingkan data dari modem monitoring dengan hasil pengukuran langsung menggunakan avometer. Hasil menunjukkan bahwa nilai tegangan pada menit ke-0 (50,56 Vdc pada modem dan 50,18 Vdc pada avometer), menit ke-15 (49,19 Vdc), dan menit ke-30 (48,95 Vdc) masih berada dalam rentang normal operasional BTS (48–53 Vdc) serta mengalami penurunan yang bertahap dan stabil selama proses discharge.

Perbandingan hasil pengukuran menunjukkan selisih yang sangat kecil (<5%), sehingga modem monitoring dinilai memiliki akurasi yang baik. Selain mampu menampilkan data tegangan, sistem juga memantau suhu dan status baterai secara real-time, sehingga memudahkan pemantauan jarak jauh, mendukung deteksi dini gangguan, serta meningkatkan efisiensi operasional dan pemeliharaan sistem backup power supply BTS.

Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, pembahasan penelitian ini disusun untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.

1. Efisiensi dan Efektivitas Sistem Backup Power Supply

- Smart Lithium memiliki efisiensi 90,44%, tegangan stabil 48–51 Vdc, dan suhu 30–31°C.
- Modem monitoring mampu melakukan pemantauan real-time dengan akurasi tinggi (selisih <5%).

2. Perbandingan Kinerja Smart Lithium dan VRLA

- Smart Lithium lebih unggul dibandingkan VRLA, dengan efisiensi $\geq 90\%$ (VRLA 70–80%).
- Durasi backup mencapai ± 9 jam, sedangkan VRLA kurang dari 3 jam.
- Smart Lithium memiliki tegangan lebih stabil sehingga lebih andal sebagai sistem backup power supply BTS.

KESIMPULAN Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi dan Efektivitas Sistem Backup Power Supply

Sistem backup power supply berbasis battery smart lithium yang terintegrasi dengan modem monitoring terbukti memiliki efisiensi tinggi, yaitu sebesar $\pm 90,44\%$. Sistem ini juga efektif dalam menjaga kestabilan suplai daya dengan tegangan yang tetap stabil pada rentang 48–51 Vdc serta suhu operasional yang normal.

Selain itu, modem monitoring mampu memberikan data secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik, sehingga sangat membantu dalam proses pemantauan dan pengendalian sistem secara jarak jauh. Dengan demikian, sistem ini terbukti efektif dan andal dalam mendukung operasional BTS.

2. Perbandingan Kinerja Smart Lithium dan VRLA

Battery smart lithium memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan battery VRLA. Hal ini ditunjukkan dari:

- Efisiensi lebih tinggi ($\geq 90\%$ dibanding 70–80%)
- Durasi backup lebih lama (9 jam pengujian, $\pm 9,04$ jam teori)
- Kestabilan tegangan yang lebih baik
- Dukungan sistem monitoring real-time melalui BMS dan modem

Sebaliknya, battery VRLA menunjukkan performa yang lebih rendah, terutama pada durasi backup yang sangat singkat dan penurunan tegangan yang cepat.

Dengan demikian, battery smart lithium lebih direkomendasikan untuk digunakan pada sistem backup power supply BTS karena memiliki keandalan dan efisiensi yang lebih tinggi.

Saran

1. Melakukan pengujian dengan variasi beban dan pengujian jangka panjang untuk mengevaluasi kinerja serta umur baterai.
2. Mengembangkan fitur modem monitoring dengan notifikasi otomatis, penyimpanan data, dan analisis grafik.
3. Mengoptimalkan efisiensi sistem, terutama pada rectifier dan distribusi daya.
4. Menguji sistem pada berbagai lokasi BTS agar hasil lebih representatif.
5. Membandingkan Smart Lithium dengan teknologi baterai lain.
6. Mengintegrasikan IoT dan Artificial Intelligence (AI) untuk predictive maintenance dan optimasi penggunaan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. R., Paramyta, N., Fitriani, E., & Ariyadi, T. (2024). Perancangan Sistem switching Supply Power dan Monitoring Perangkat pada UPS Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Pendidikan* ..., 8, 10078–10086. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/13906%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/13906/10719>
- Apriani, Y., Rais Asadullah, M., Hurairoh, M., Muhammadiyah Palembang, U., Jenderal Ahmad Yani, J., & Seberang Ulu, U. (2022). Monitoring Uninterruptible Power Supply (UPS) Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 9(1), 723–734.

- Ginting, M., Arrayan, M., Ramadhan, A., Denis, D., & Setiawan, I. (2024). Perancangan Dan Analisis Pengujian Efektivitas Sistem Monitoring Tegangan Pada Battery Management System Dengan Baterai Lithium Iron Phosphate Pada Purwarupa Mobil Listrik. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 13(2), 65–74. <https://doi.org/10.14710/transient.v13i2.65-74>
- Hartono, H., Hidayatulloh, S., & Muharnin, Y. (2024). Design of a monitoring and protection system for lithium ion (Li-Ion) batteries on solar panels. *Journal Industrial ...*, 10(1). <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/24012%0Ahttps://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/download/24012/12553>
- Jain, N., Kathuria, K., Saini, V., Singh, I., & Bains, G. S. (2025). *A Smart Battery Management System with Charging and Discharging Analysis*. 795–804.
- Patrick, D. R., Fardo, S. W., & Fardo, B. W. (2022). Modern Power Systems. In *Electrical Power Systems Technology*. <https://doi.org/10.1201/9781003207429-6>
- Simanjuntak, I. U. vistalina, Heryanto, H., Rahmawaty, Y., & Manurung, T. (2021). Performance Analysis of VRLA Battery for DC Load at Telecommunication Base Station. *Elkha*, 13(2), 148. <https://doi.org/10.26418/elkha.v13i2.49202>
- Jain, A., & Susilo, R. A. (2025). “Perbandingan Daya Tahan Baterai VRLA dan Lithium dalam Sistem Telekomunikasi,” *Jurnal Energi dan Sistem Daya*, 11(2), 55–62. <https://jesdp.ub.ac.id>
- Rahman, R., Susanti, M., & Kurniawan, A. (2022). *Monitoring dan Evaluasi Sistem Backup Daya Berbasis GSM untuk Aplikasi BTS*. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 10(3), 88–97.
- Zhang, Y., & Zhao, M. (2023). *Cloud-based Battery Life Prediction Using Machine Learning for Telecom Backup Systems*. *Energy Reports*, 9(1), 3501–3510. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.02.114>
- Basic, F., Laube, C. R., Steger, C., & Kofler, R. (2023). *A Novel Secure NFC-based Approach for BMS Monitoring and Diagnostic Readout*. arXiv.
- DFUN TECH (2024, July 4). *SmartLi Battery System Solution for Telecommunications*. Company news.