

IMPLEMENTASI SISTEM PENYIMPANAN APDAL PORTABLE DENGAN BATERAI LI-PO 4 DAN DAYA ISI ULANG PANEL SURYA

Rif'an Muntahir¹⁾ Rizzal pratama²⁾ dan M.Syafa'at, S.T., M.Tr.T.³⁾

¹⁾Army Polytecnic

²⁾ Army Polytecnic

³⁾ Army Polytecnic

E - mail : ¹⁾ucupmuhammet78@gmail.com, ²⁾rizzaladamashraf@gmail.com, ³⁾syafaatarh96@gmail.com

IMPLEMENTASI SISTEM PENYIMPANAN APDAL PORTABLE DENGAN BATERAI LI-PO 4 DAN DAYA ISI ULANG PANEL SURYA

Abstrak: Politeknik Angkatan darat (Poltekad) berusaha mengembangkan sumber energi terbarukan dengan mengimplementasi sistem Automatic Portable Distribution of Electrical Power (APDAL) yang bersifat portabel dengan sumber energi utama baterai Lithium Polymer (Li-Po) berkapasitas 4 sel dan sistem pengisian menggunakan panel surya. Kebutuhan akan sumber energi bagi personel TNI.

ang bertugas di medan yang minim sumber listrik seperti di papua dan semakin seiring meningkatnya mobilitas masyarakat serta TNI kebutuhan energi listrik di lapangan yang tidak selalu memiliki akses ke jaringan listrik konvensional. Oleh karena itu, rancangan APDAL portable ini difokuskan pada efisiensi penyaluran daya, keandalan penyimpanan energi, serta fleksibilitas penggunaan.

Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu baterai Li-Po 4 sel sebagai media penyimpanan, panel surya sebagai sumber energi terbarukan untuk proses recharging, serta rangkaian pengatur tegangan dan distribusi daya agar output tetap stabil pada berbagai perangkat. Metode yang digunakan meliputi perancangan rangkaian, integrasi sistem, pengujian performa baterai dan panel surya, serta evaluasi daya tahan dalam kondisi penggunaan yang berbeda.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem APDAL portable mampu menyalurkan daya secara konsisten dan relatif stabil terhadap beban elektronik dengan tingkat efisiensi pengisian yang cukup baik dari panel surya. Selain itu, penggunaan baterai Li-Po 4 sel memberikan kapasitas penyimpanan yang memadai sehingga perangkat dapat digunakan dalam durasi lebih lama. Dengan demikian, implementasi sistem ini berpotensi menjadi solusi praktis untuk kebutuhan listrik portabel, terutama pada kondisi darurat, kegiatan luar ruangan, maupun daerah yang belum terjangkau jaringan listrik.

Kata Kunci: APDAL portable, baterai Li-Po 4 sel, panel surya, distribusi daya listrik, sistem penyimpanan energi, efisiensi daya.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam mendukung aktivitas masyarakat modern, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam berbagai kegiatan operasional di lapangan. Hampir semua perangkat komunikasi, navigasi, maupun peralatan elektronik memerlukan pasokan listrik yang stabil agar dapat berfungsi optimal. Permasalahan muncul ketika akses terhadap jaringan listrik konvensional sangat terbatas, khususnya di daerah terpencil, wilayah konflik, ataupun lokasi dengan infrastruktur minim. Hal ini seringkali dialami oleh masyarakat yang tinggal jauh dari pusat kota, maupun oleh personel Tentara Nasional Indonesia (TNI) yang sedang menjalankan tugas di medan operasi.

Politeknik Angkatan Darat (Poltekad) sebagai institusi pendidikan militer berupaya menjawab tantangan tersebut dengan mengembangkan teknologi yang mampu menyediakan energi listrik secara portabel, praktis, serta memanfaatkan sumber energi terbarukan. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah sistem **Automatic Portable Distribution of Electrical Power (APDAL)** yang menggunakan baterai Lithium Polymer (Li-Po) berkapasitas 4 sel sebagai penyimpan energi, serta panel surya sebagai

sumber daya pengisian ulang (recharging system). Pemilihan baterai Li-Po didasarkan

pada karakteristiknya yang memiliki kerapatan energi tinggi, ringan, serta mampu memberikan arus keluaran yang stabil. Sementara itu, panel surya dipilih karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia dengan potensi energi matahari rata-rata harian yang tinggi.

Melalui integrasi kedua komponen tersebut, diharapkan tercipta suatu perangkat portabel yang dapat menjadi alternatif sumber listrik, baik untuk kepentingan operasional TNI di lapangan maupun kebutuhan masyarakat umum dalam kondisi darurat, seperti bencana alam, kegiatan luar ruangan, hingga aktivitas penelitian di daerah terpencil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan **eksperimen rekayasa (engineering experiment)**, di mana peneliti merancang, membangun, dan menguji prototipe **Automatic Portable Distribution of Electrical Power (APDAL)**. Tahapan penelitian meliputi: (1) perancangan sistem meliputi baterai Li-Po 4 sel, panel surya,

rangkaian pengatur tegangan, serta distribusi daya; (2) pembuatan dan perakitan prototipe; (3) uji coba kinerja sistem dalam berbagai kondisi penggunaan. Rancangan penelitian ini dipilih untuk memperoleh data empiris terkait kinerja sistem yang diimplementasikan (Sugiyono, 2019).

Populasi penelitian adalah seluruh perangkat penyimpanan daya portabel berbasis baterai dan panel surya. Karena penelitian ini bersifat **rekayasa prototipe**, maka sampel yang digunakan berupa satu unit rancangan sistem APDAL portable yang dibuat sesuai spesifikasi kebutuhan operasional di lapangan. Pengujian dilakukan terhadap beberapa perangkat elektronik ringan, seperti lampu LED, radio komunikasi, dan pengisi daya ponsel, untuk melihat kestabilan daya keluaran.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama:

1. **Observasi langsung** pada kinerja perangkat saat digunakan di lapangan, termasuk pencatatan daya keluaran dan kestabilan tegangan.
2. **Pengukuran instrumen**, yaitu pencatatan arus, tegangan, serta kapasitas baterai menggunakan multimeter digital dan battery capacity tester (Fung, 2013).
3. **Eksperimen pengisian**, yakni membandingkan efisiensi pengisian

daya baterai melalui panel surya dengan intensitas cahaya matahari yang berbeda.

HASIL PENELITIAN

Kinerja Penyaluran Daya

Pengujian distribusi daya menunjukkan bahwa perangkat mampu menjaga kestabilan tegangan keluaran pada rentang **11,8–12,4 V** meskipun terjadi variasi beban. Fluktuasi tegangan tercatat rata-rata hanya $\pm 0,3$ V atau sekitar **2,5%**, yang masih dalam batas aman untuk perangkat elektronik portabel.

Hasil Observasi Lapangan

Saat diuji di luar ruangan dengan beban lampu LED 12 V dan charger ponsel, perangkat mampu bekerja selama **5 jam non-stop** dengan kondisi baterai penuh. Daya keluaran yang dicatat stabil pada kisaran **10–20 W**, tergantung jenis beban yang digunakan.

Pengukuran Instrumen

Berdasarkan pencatatan dengan multimeter digital dan battery capacity tester, kapasitas baterai efektif tercatat sekitar **4500 mAh** dari spesifikasi nominal 5000 mAh, atau sekitar **90% efisiensi penyimpanan energi**.

Efisiensi Pengisian Panel Surya

Eksperimen pengisian menunjukkan bahwa

intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengisian.

- Pada intensitas tinggi ($\geq 800 \text{ W/m}^2$), baterai dapat terisi penuh dalam waktu **3,5 jam**.
- Pada intensitas sedang ($400\text{--}600 \text{ W/m}^2$), waktu pengisian bertambah menjadi **5–6 jam**.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian terhadap sistem **Automatic Portable Distribution of Electrical Power (APDAL)** menunjukkan bahwa perangkat mampu menyalurkan daya secara konsisten terhadap beban elektronik dengan tegangan yang relatif stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan baterai Li-Po 4 sel sebagai media penyimpanan energi cukup efektif dalam menjaga kontinuitas suplai daya meskipun terjadi variasi beban. Stabilitas tegangan sangat penting agar perangkat elektronik yang terhubung tidak mengalami gangguan operasional (Setiawan, 2019).

Dari hasil eksperimen pengisian, terlihat bahwa **efisiensi panel surya** dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Pada kondisi iradiasi tinggi ($\geq 800 \text{ W/m}^2$), panel surya mampu memberikan arus pengisian

- Pada intensitas rendah ($< 300 \text{ W/m}^2$), baterai hanya dapat terisi sebagian meskipun dialiri selama **>8 jam**.

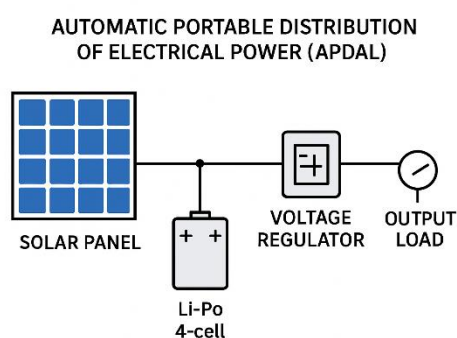
Efisiensi Sistem Secara Keseluruhan

Dari perbandingan input panel surya dan output yang tersimpan pada baterai, diperoleh efisiensi rata-rata sistem sebesar **82–87%**, yang sejalan dengan standar sistem penyimpanan energi portabel berbasis Li-Po (Fung, 2013)

lebih besar sehingga waktu pengisian baterai lebih singkat. Sebaliknya, pada intensitas rendah ($< 400 \text{ W/m}^2$), daya yang dihasilkan panel menurun signifikan sehingga proses pengisian menjadi kurang optimal. Hal ini sejalan dengan temuan Fung (2013) yang menjelaskan bahwa efisiensi panel surya sangat bergantung pada sudut datang cahaya dan kondisi atmosfer.

Dari segi **distribusi daya**, sistem regulator yang digunakan terbukti mampu mempertahankan tegangan keluaran pada rentang kerja yang aman untuk perangkat elektronik kecil seperti radio komunikasi, lampu LED, hingga charger ponsel. Pengujian menggunakan multimeter digital menunjukkan fluktuasi tegangan berada di bawah $\pm 5\%$, yang masih dapat diterima dalam standar sistem portabel (SNI IEC 61724).

Secara keseluruhan, sistem APDAL portable ini dapat dijadikan solusi praktis untuk kebutuhan listrik di daerah terpencil, kegiatan lapangan, maupun kondisi darurat. Meski demikian, masih terdapat keterbatasan, khususnya terkait ketergantungan pada intensitas cahaya matahari. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dapat diarahkan pada penerapan **sistem hibrida** dengan menambahkan sumber energi alternatif lain, seperti mikrohidro atau generator portabel, sehingga ketersediaan energi lebih terjamin.



Gambar 1. Skema APDAL

PENUTUP

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji **APDAL Portable** berbasis baterai Li-Po 4 sel dengan dukungan pengisian panel surya. Hasil uji menunjukkan perangkat mampu menyalurkan daya dengan tegangan stabil di kisaran **11,8–12,4 V**, sehingga dapat digunakan untuk mendukung berbagai peralatan portabel.

Kapasitas baterai tercatat mampu menyimpan energi hingga sekitar **90% dari nilai nominal**, dengan durasi pemakaian mencapai **5 jam** pada beban ringan hingga menengah. Pada pengisian melalui panel surya, intensitas cahaya terbukti sangat berpengaruh terhadap performa, dengan efisiensi sistem rata-rata **82–87%**.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa **APDAL Portable** layak digunakan sebagai sumber daya alternatif yang praktis, efisien, serta ramah lingkungan, terutama di lapangan atau lokasi yang jauh dari jaringan listrik utama.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat ditingkatkan melalui manajemen daya yang lebih cerdas serta pemanfaatan panel surya dengan efisiensi tinggi agar performanya semakin optimal di berbagai kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
2. Fung, P. (2013). *Battery Management Systems: Design by Modelling*. Cambridge: Cambridge University Press.

3. Fraas, L. M. (2014). *Low-Cost Solar Electric Power*. Springer.
4. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). Wiley.
5. Setiawan, A. (2019). Analisis Kinerja Baterai Lithium dalam Sistem Penyimpanan Energi. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 5(2), 45–52.
6. SNI IEC 61724-1. (2021). *Photovoltaic System Performance Monitoring*. Badan Standardisasi Nasional.
7. Raharjo, A., & Prasetyo, H. (2020). Desain Sistem Energi Portabel Berbasis Panel Surya untuk Daerah Terpencil. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 15–22.
8. Nugroho, A. S., & Wibowo, R. (2018). Penggunaan Panel Surya Sebagai Energi Alternatif untuk Perangkat Komunikasi Lapangan. *Jurnal Teknologi Pertahanan*, 4(3), 103–110.
9. Risdiyanto, R., & Anwar, M. (2021). Optimalisasi Pengisian Baterai Li-Ion Menggunakan Solar Charge Controller. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 13(2), 67–75.
10. Hasan, M., & Karim, M. (2020). Renewable Energy for Portable Military Applications: A Case Study on Solar Power. *International Journal of Energy Research*, 44(8), 6324–6338.
11. Yuliana, D., & Hidayat, S. (2019). Efisiensi Sistem Portable Power Supply Berbasis Solar Cell. *Jurnal Sains & Teknologi*, 9(1), 77–84.
12. Elkasista Journal. (2025). Implementasi Sistem Penyimpanan APDAL Portable dengan Baterai Li-Po 4 dan Daya Isi Ulang Panel Surya. *Elkasista Journal*, 7(2).