

ABSTRAK

Agil Ridhohan. 2026. Rancang Bangun Sistem Manajemen Beban Adaptif untuk Meningkatkan Efisiensi Energi dan Umur Baterai pada *Sistem Hybrid* Angin dan Surya. Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, FKIP, Universitas PGRI Madiun. Dosen Pembimbing (I) Ihtiari Prastyaningrum, S.Si., M.Si. (II) Ir. Sulistyaning Kartikawati, M.M., M.Pd,

Pembangkit *hybrid* angin dan surya merupakan solusi energi terbarukan yang menggabungkan dua sumber energi untuk menjaga kontinuitas suplai daya listrik, namun fluktuasi daya akibat ketergantungan pada kondisi cuaca dan intensitas radiasi matahari menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan energi dan kebutuhan beban yang berdampak pada efisiensi penggunaan energi serta mempercepat degradasi baterai akibat pengosongan berlebih. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem manajemen beban adaptif untuk meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur baterai pada sistem *hybrid* angin dan surya skala kecil dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* berpendekatan kuantitatif eksperimen. *Prototype* dibangun dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 DevKit v1, sensor tegangan, sensor arus ACS712, modul *relay* 2 channel, LCD TFT 2,4 inci, dan aplikasi *Blynk* untuk monitoring jarak jauh, di mana sistem memantau parameter tegangan, arus, daya, dan *State of Charge* (SoC) baterai secara *real-time* serta mengatur pemutusan beban otomatis pada batas SoC minimum 40% untuk mencegah kondisi *deep discharge*. Hasil uji validasi ahli menunjukkan nilai kelayakan keseluruhan 93,60% dengan kategori sangat layak, pengujian fungsional menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, pengujian efisiensi energi menunjukkan peningkatan sebesar 38,99% dengan rata-rata penggunaan energi menurun dari 94,94 Wh menjadi 57,92 Wh serta penurunan *Depth of Discharge* (DoD) dari 94,19% menjadi 57,46%, dan pengujian umur baterai menunjukkan peningkatan estimasi siklus dari 319 menjadi 522 siklus atau bertambah 204 siklus (63,64%) akibat penurunan nilai *Equivalent Full Cycle* (EFC) dari 0,942 menjadi 0,575. Disimpulkan bahwa sistem manajemen beban adaptif mampu meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur baterai secara signifikan melalui mekanisme pemantauan *real-time* dan pemutusan beban otomatis berbasis kondisi SoC baterai.

Kata Kunci: Manajemen Beban Adaptif, Sistem *Hybrid* Angin dan Surya, Efisiensi Energi, Umur Baterai,

ABSTRACT

Agil Ridhohan. 2026. Design and Construction of an Adaptive Load Management System to Improve Energy Efficiency and Battery Lifespan in a Wind-Solar Hybrid System. Undergraduate Thesis. Electrical Engineering Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education (FKIP), Universitas PGRI Madiun. Supervisors: (I) Ihtiari Prastyaningrum, S.Si., M.Si.; (II) Ir. Sulistyaning Kartikawati, M.M., M.Pd.

Wind-solar hybrid power generation is a renewable energy solution that combines two energy sources to ensure a continuous power supply; however, power fluctuations—caused by dependence on weather conditions and solar radiation intensity—lead to an imbalance between energy supply and load demand. This imbalance affects energy usage efficiency and accelerates battery degradation due to over-discharge. This study aims to design and construct an adaptive load management system to enhance energy efficiency and extend battery lifespan in a small-scale wind-solar hybrid system, employing the Research and Development (R&D) method with a quantitative experimental approach. The prototype was built by integrating an ESP32 DevKit v1 microcontroller, voltage sensors, an ACS712 current sensor, a 2-channel relay module, a 2.4-inch TFT LCD, and the Blynk application for remote monitoring. The system monitors voltage, current, power, and battery State of Charge (SoC) in real-time and manages automatic load disconnection when the SoC drops to a minimum threshold of 40% to prevent deep discharge. Expert validation results indicate an overall feasibility score of 93.60% (classified as highly feasible); functional testing shows a 100% success rate; energy efficiency testing demonstrates a 38.99% improvement, with average energy consumption dropping from 94.94 Wh to 57.92 Wh and Depth of Discharge (DoD) decreasing from 94.19% to 57.46%; and battery lifespan testing reveals an increase in estimated cycles from 319 to 522—a gain of 204 cycles (63.64%)—resulting from a reduction in the Equivalent Full Cycle (EFC) value from 0.942 to 0.575. It is concluded that the adaptive load management system significantly enhances energy efficiency and extends battery lifespan through real-time monitoring and automatic load disconnection based on the battery's State of Charge (SoC).

Keywords: Adaptive Load Management, Wind-Solar Hybrid System, Energy Efficiency, Battery Lifespan.