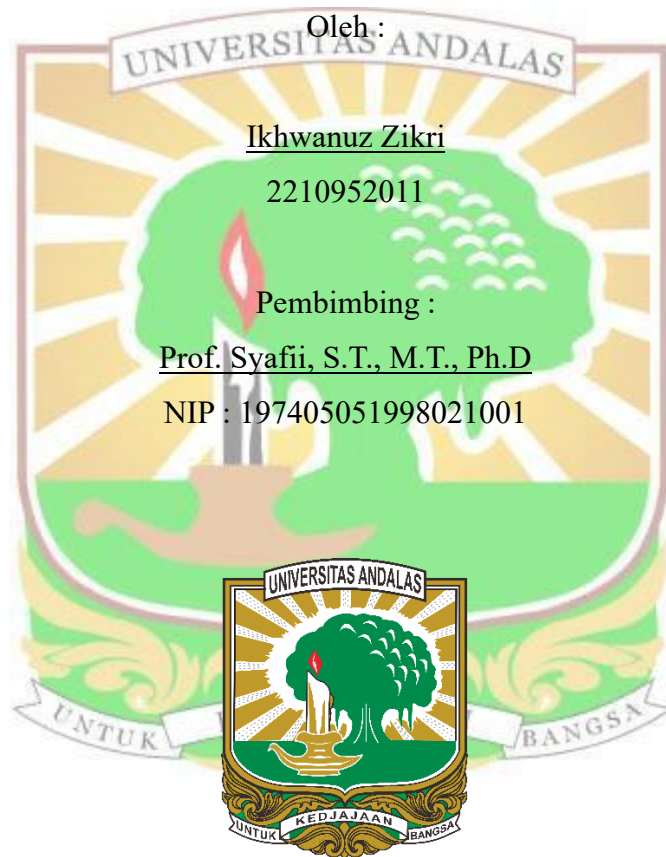


**“PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN ENERGI BERBASIS RULE-
BASED UNTUK INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
DAN MULTI PUMPED HYDRO STORAGE”**

TUGAS AKHIR

Karya ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S-1) di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

2026

Judul	Perancangan Sistem Manajemen Energi Berbasis Rule-Based untuk Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Multi Pumped Hydro Storage	Ikhwanuz Zikri
Program Studi	Teknik Elektro	2210952011
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
Abstrak Pemanfaatan energi terbarukan, terutama Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), terus dikembangkan untuk mengurangi penggunaan energi fosil. Namun, daya keluaran PLTS berubah-ubah karena dipengaruhi intensitas cahaya matahari. Karena itu, diperlukan sistem pengelolaan energi yang dapat mengatur pembagian daya dengan baik. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan <i>Energy Management System (EMS)</i> berbasis <i>rule-based</i> untuk mengatur distribusi energi antara PLTS, beban AC, dan sistem penyimpanan energi <i>Multi Pumped Hydro Storage (MPHS)</i>. Sistem ini menggunakan panel surya sebagai sumber utama, inverter untuk menyuplai beban AC, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali EMS, sensor PZEM-004T untuk memantau parameter listrik pada sisi AC, dan aplikasi Blynk untuk pemantauan secara <i>real-time</i>. Pada sistem ini, beban AC diprioritaskan terlebih dahulu. Jika masih ada kelebihan energi, maka energi tersebut digunakan untuk mengaktifkan pompa dan memindahkan air ke reservoir atas sebagai penyimpanan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai aturan yang dibuat. Pompa 1 aktif saat tegangan PLTS mencapai kondisi yang telah ditentukan, sedangkan Pompa 2 aktif pada tegangan yang lebih tinggi. Sistem MPHS berhasil menyimpan air hingga mendekati kapasitas maksimum reservoir, dengan energi potensial yang dihasilkan pada beda ketinggian yang telah ditentukan. Selain itu, tiga generator F50-12V yang dirangkai seri menghasilkan tegangan keluaran tanpa beban dan mampu menyalakan lampu LED sebagai beban uji. Berdasarkan hasil penelitian, EMS berbasis <i>rule-based</i> berhasil mengatur distribusi energi PLTS, mengendalikan proses penyimpanan energi pada sistem MPHS, dan memanfaatkan kembali energi tersimpan menjadi energi listrik melalui generator. Hasil ini menunjukkan bahwa metode <i>rule-based</i> dapat digunakan sebagai strategi pengelolaan energi pada sistem MPHS skala prototipe. Kata kunci: <i>Energy Management System, Rule-Based, PLTS, Multi Pumped Hydro Storage, Energi Terbarukan.</i>		

Title	<i>Design and Implementation of a Rule-Based Energy Management System for the Integration of Photovoltaic Systems and Multi Pumped Hydro Storage</i>	Ikhwanuz Zikri
Study Program	<i>Bachelor of Electrical Engineering</i>	2210952011
<i>Faculty of Engineering Andalas University</i>		
<i>Abstract</i> <i>The utilization of renewable energy, particularly Photovoltaic (PV) systems, has continued to expand as an effort to reduce dependence on fossil fuels. However, the output power of PV systems fluctuates due to variations in solar irradiance, making an effective energy management strategy essential for optimal power distribution. This research aims to design and implement a rule-based Energy Management System (EMS) to regulate energy distribution among the PV system, AC load, and a Multi Pumped Hydro Storage (MPHS) energy storage system. The proposed system employs photovoltaic panels as the primary energy source, an inverter to supply the AC load, an ESP32 microcontroller as the EMS controller, a PZEM-004T sensor to monitor electrical parameters on the AC side, and the Blynk platform for real-time system monitoring. In the proposed control strategy, the AC load is assigned the highest priority. When excess energy is available, the EMS automatically activates the water pumps to transfer water to the upper reservoir, thereby storing energy in the form of gravitational potential energy. Experimental results demonstrate that the proposed system operates according to the predefined rule-based strategy. Pump 1 is activated when the PV voltage reaches the specified threshold, while Pump 2 operates at a higher voltage level. The MPHS system successfully stores water close to the designated operating capacity of the upper reservoir, producing gravitational potential energy at the specified hydraulic head. Furthermore, three F50-12V generators connected in series generate an open-circuit output voltage sufficient to illuminate an LED as a test load. The results indicate that the proposed rule-based EMS effectively manages PV energy distribution, controls the energy storage process in the MPHS system, and successfully converts the stored potential energy back into electrical energy through the generator. These findings demonstrate that the proposed rule-based approach is a feasible energy management strategy for prototype-scale MPHS applications.</i> Keywords: <i>Energy Management System, Rule-Based, Photovoltaic, Multi Pumped Hydro Storage, Renewable Energy.</i>		