

**PERANCANGAN SISTEM *PUMPED HYDRO STORAGE* DENGAN
PENGATURAN OPERASI MULTI-POMPA DAN KONFIGURASI
TURBIN-GENERATOR *CASCADING* BERBASIS KETERSEDIAAN
DAYA TENAGA SURYA**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Fauzan Wafi

NIM. 2110951004

Pembimbing:

Prof. Ir. Syafii, S.T.,M.T.,Ph.D

NIP. 197405051998021001



**Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Andalas**

2025

Judul	Perancangan Sistem <i>Pumped Hydro Storage</i> Dengan Pengaturan Operasi Multi-Pompa Dan Konfigurasi Turbin–Generator <i>Cascading</i> Berbasis Ketersediaan Daya Surya	Fauzan Wafi
Program Studi	Teknik Elektro	2110951004
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
ABSTRAK Energi surya bersifat fluktuatif sehingga memerlukan penyimpanan energi untuk pemanfaatan optimal. Penelitian ini merancang dan merealisasikan <i>PHS</i> skala laboratorium dengan operasi multi-pompa serta konfigurasi turbin–generator <i>cascading</i> berbasis ketersediaan PLTS. Sistem dilengkapi modul monitoring dan kendali <i>real-time</i> berbasis ESP32–NRF24L01 dengan antarmuka web Raspberry Pi, sehingga daya surya terukur dan kondisi tandon digunakan sebagai dasar pengaturan operasi. Aliran air hasil operasi tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menguji kinerja turbin–generator pada konfigurasi seri maupun paralel. Hasil menunjukkan: satu pompa memerlukan 200–250 W untuk mulai memompa dengan debit rata-rata 0,66 L/menit, dua pompa ± 300 W dengan debit 13,2 L/menit, dan tiga pompa aktif pada ≥ 800 W/m² dengan total daya > 320 W dan debit hingga 19,3 L/menit. Sistem memompa ± 420 liter ke tandon atas lebih cepat saat jumlah pompa ditambah. Uji turbin–generator memperlihatkan konfigurasi paralel menghasilkan debit rata-rata 22,95 LPM, energi 4,884 Wh dengan efisiensi 95,83%, sedangkan konfigurasi seri 15,27 LPM, energi 3,25 Wh dengan efisiensi 63,98%. Kesimpulannya, konfigurasi paralel lebih unggul dari seri dalam efisiensi dan energi listrik yang dibangkitkan, sehingga lebih sesuai diterapkan untuk pemanfaatan energi terbarukan yang stabil. Kata kunci: <i>PHS</i>, PLTS, Operasi Multi-Pompa, Konfigurasi Turbin–Generator, Penyimpanan Energi.		

<i>Title</i>	<i>Design of a Pumped Hydro Storage System with Multi-Pump Operation Control and a Cascading Turbine–Generator Configuration Based on Solar Power Availability</i>	Fauzan Wafi
<i>Mayor</i>	<i>Electrical Engineering</i>	2110951004
<i>Faculty of Engineering Andalas University</i>		
ABSTRACT <i>Solar energy is fluctuating, requiring energy storage for optimal utilization. This study designed and realized a laboratory-scale PHS with multi-pump operation and a cascading turbine-generator configuration based on the availability of solar power plants. The system is equipped with a real-time monitoring and control module based on ESP32-NRF24L01 with a Raspberry Pi web interface, so that the measured solar power and reservoir conditions are used as the basis for operating settings. The resulting water flow is then used to test the performance of the turbine-generator in series and parallel configurations. The results show: one pump requires 200–250 W to start pumping with an average flow rate of 0.66 L/min, two pumps ± 300 W with a flow rate of 13.2 L/min, and three pumps are active at ≥ 800 W/m² with a total power of > 320 W and a flow rate of up to 19.3 L/min. The system pumps ± 420 liters to the upper reservoir more quickly when the number of pumps is increased. Turbine-generator tests show that the parallel configuration produces an average discharge of 22.95 LPM, 4,884 Wh of energy with an efficiency of 95.83%, while the series configuration produces 15.27 LPM, 3.25 Wh of energy with an efficiency of 63.98%. In conclusion, the parallel configuration is superior to the series in terms of efficiency and electrical energy generated, making it more suitable for stable renewable energy utilization.</i> <i>Keyword: PHS, PV Power, Multi-Pump Operation, Turbine–Generator Configuration, Energy Storage</i>		