

**ANALISIS KESTABILAN DAYA DAN FREKUENSI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO MENGGUNAKAN *SLIDING MODE*
CONTROL BERBASIS *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

TUGAS AKHIR

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



**PROGRAM STUDI SARJANA
TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

2026

Judul	Analisis Kestabilan Daya dan Frekuensi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan <i>Sliding Mode Control</i> Berbasis <i>Particle Swarm Optimization</i>	Muhammad Hanif Musyaffa
Program Studi	Sarjana Teknik Elektro	2210952059
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
Abstrak Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh) berbasis <i>Self-Excited Induction Generator</i> (SEIG) rentan mengalami ketidakstabilan frekuensi dan tegangan ketika terjadi fluktuasi beban konsumen. Penelitian ini mengusulkan penerapan <i>Electronic Load Controller</i> (ELC) berbasis <i>Sliding Mode Control</i> (SMC) untuk menjaga keseimbangan daya aktif sistem. Guna mengatasi masalah chattering pada SMC konvensional, algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) diimplementasikan untuk menentukan parameter penguatan kontrol yang paling optimal. Lebih lanjut, sistem ini diintegrasikan dengan <i>Energy Management System</i> (EMS) agar daya sisa buangan ELC tidak terbuang sia-sia sebagai panas, melainkan dimanfaatkan untuk mengisi baterai penyimpan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontroler SMC-PSO secara efektif mampu mengunci frekuensi sistem disekitar nominal 50 Hz dengan transisi kurva <i>duty cycle</i> yang halus. Selain itu, sistem terbukti mampu mencegah pembuangan daya secara berlebihan, mengamankan prioritas suplai ke beban utama, dan mengalihkan sisa energi secara efisien ke baterai. Skema kendali yang diusulkan ini secara keseluruhan terbukti andal dalam mempertahankan kualitas kelistrikan generator sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan daya. Kata Kunci: pikohidro, <i>sliding mode control</i>, <i>particle swarm optimization</i>		

<i>Title</i>	<i>Power and Frequency Stability Analysis of a Pico-Hydropower Plant Using Particle Swarm Optimization-Based Sliding Mode Control</i>	Muhammad Hanif Musyaffa
<i>Major</i>	<i>Department Electrical Engineering</i>	2210952059
<i>Engineering Faculty Andalas University</i>		
<i>Abstract</i> <i>Self-Excited Induction Generator (SEIG)-based Pico-Hydropower Plants (PHP) are susceptible to frequency and voltage instability due to fluctuations in consumer loads. This study proposes the implementation of an Electronic Load Controller (ELC) based on Sliding Mode Control (SMC) to maintain the active power balance of the system. To address the chattering problem associated with conventional SMC, the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm is employed to determine the optimal control gain parameters. Furthermore, the system is integrated with an Energy Management System (EMS) so that the excess power diverted to the ELC is not wasted as heat but instead utilized to charge a storage battery. Simulation results demonstrate that the SMC-PSO controller effectively maintains the system frequency around the nominal value of 50 Hz with smooth duty-cycle transitions. In addition, the system is capable of preventing excessive power dissipation, ensuring priority power supply to the main load, and efficiently directing the remaining energy to the battery. Overall, the proposed control scheme demonstrates reliable performance in maintaining the electrical quality of the generator while improving the efficiency of power utilization.</i> <i>Keywords:</i> <i>picohydro, sliding mode control, particle swarm optimization</i>		