

INTISARI

Transisi energi nasional menuju Net Zero Emission (NZE) menuntut peningkatan masif integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sumber konvensional. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi secara komprehensif kinerja dan stabilitas sistem pembangkitan hibrida PLTD-PLTS yang beroperasi paralel dan interkoneksi dengan jaringan listrik (*infinite bus*). Tantangan utama adalah menjaga stabilitas sistem tenaga listrik dari fluktuasi output PLTS dan fluktuasi beban harian, sambil memastikan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) beroperasi secara efisien dalam mode beban dasar (*base-load*). Metodologi yang digunakan adalah simulasi numerik menggunakan MATLAB/Simulink. Penelitian ini membandingkan kinerja dua algoritma *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* : Perturb and Observe/P&O dan Incremental Conductance/Inc serta menganalisis dinamika aliran daya melalui empat skenario operasional, mulai dari kondisi statis hingga input dan beban yang dinamis. Kualitas daya divalidasi menggunakan Total Harmonic Distortion (THD) sesuai standar IEEE 519-2014, dan stabilitas sistem diuji melalui analisis *short circuit* pada PLTD *stand-alone*. Hasil penelitian menunjukkan beberapa temuan kunci. Pertama, pada analisis MPPT, algoritma Inc terbukti lebih stabil dengan menghilangkan osilasi daya, dan kedua algoritma memberikan efisiensi harian yang sangat tinggi dan hampir identik. Kedua, analisis aliran daya hibrida mengonfirmasi bahwa dengan PLTD beroperasi sebagai *base-load* konstan, jaringan listrik (*infinite bus*) berfungsi secara efektif sebagai penyeimbang dinamis / *buffer* yang menanggung semua fluktuasi daya beban, memastikan kestabilan frekuensi dan tegangan sistem. Ketiga, analisis *short circuit* pada DPP *stand-alone* memverifikasi bahwa arus gangguan pada sistem skala kecil ini secara signifikan dibatasi oleh reaktansi generator. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa konfigurasi hibrida PLTD-PLTS terhubung grid merupakan model yang sangat efisien dan stabil. Kinerja MPPT yang optimal menjamin pemanfaatan energi surya maksimal, sementara peran *infinite bus* yang menstabilkan sistem memungkinkan PLTD beroperasi secara maksimal dan andal.

Kata Kunci : *Sistem Pembangkitan Hibrida, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Stabilitas Sistem Tenaga Listrik, Interkonesksi Jaringan Listrik, Operasi Beban-Dasar*

ABSTRACT

The national energy transition toward Net Zero Emission (NZE) mandates a massive increase in the integration of Solar Power Plant (SPP) or Photovoltaic Power Plant (PVPP) with conventional generation sources, such as Diesel Power Plant (DPP). This research aims to comprehensively investigate the performance and stability of a hybrid SPP-DPP generation system operating in parallel with the electrical utility grid (modeled as an infinite bus). The core challenge lies in maintaining system stability against output fluctuations from the PVPP and daily load variations, while ensuring the Diesel Power Plant (DPP) operates efficiently in a base-load mode. The methodology employs numerical simulation using MATLAB/Simulink. The study compares the performance of two key MPPT algorithms (Perturb and Observe/P&O and Incremental Conductance/Inc) and analyzes power flow dynamics across four operational scenarios, ranging from static to fully dynamic conditions. Power quality is validated against the Total Harmonic Distortion (THD) limits of the IEEE Standard 519-2014, and system stability is assessed through short circuit analysis of the DPP operating in a stand-alone configuration. Key research findings reveal several crucial outcomes. First, in the MPPT analysis, the Incremental Conductance algorithm proved to be more stable by effectively eliminating power oscillations, with both algorithms achieving exceptionally high and nearly identical daily efficiency. Second, the hybrid power flow analysis confirms that with the DPP operating at a constant base-load setpoint, the infinite bus serves as the effective dynamic balancer or buffer, absorbing all load power fluctuations and thereby guaranteeing system frequency and voltage stability. Third, the short circuit analysis of the stand-alone DPP verified that fault current limitations in this small-scale system are significantly restricted by the generator's internal reactance. The research concludes that the grid-connected hybrid SPP/PVPP-DPP configuration is a highly efficient and stable model. Optimal MPPT performance ensures maximum utilization of solar energy, while the stabilizing role of the infinite bus allows the DPP to operate reliably and at peak efficiency.

Keywords : *Hybrid Generation System, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Power System Stability (Steady State), Grid Interconnection, Base-Load Operation*