UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah**
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Integrasi pembangkit fotovoltaik (PV) dalam skala besar pada jaringan distribusi tegangan menengah mengubah karakteristik jaringan dari radial menjadi aktif dengan aliran daya dua arah (*bidirectional power flow*). Fenomena ini menimbulkan tantangan serius pada sistem proteksi konvensional, seperti maloperasi relai berupa *sympathetic tripping* dan hilangnya selektivitas. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan koordinasi proteksi yang adaptif pasca penetrasi PV pada sistem IEEE 9-Bus Canadian Urban Benchmark. Dua unit PV berkapasitas masing-masing 1 MVA diintegrasikan pada Bus 5 dan Bus 7. Simulasi aliran daya dan hubung singkat dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 22.5, sedangkan penentuan parameter *Time Multiplier Setting* (TMS) pada 15 relai proteksi dioptimasi menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) melalui bahasa pemrograman Python. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan setelan proteksi radial eksisting mengalami miskoordinasi pada berbagai lokasi gangguan (F2, F3, F4, dan F8) setelah penetrasi PV. Implementasi relai arus lebih direksional (DOCR) dan relai gangguan tanah direksional (DGFR) terbukti mampu memulihkan selektivitas sistem dengan memitigasi anomali koordinasi yang terjadi. Algoritma PSO berhasil menentukan nilai TMS optimal yang meminimalkan total waktu pemutusan gangguan dengan tetap memenuhi batasan *Coordination Time Interval* (CTI) sebesar 0,2 hingga 0,4 detik. Skema proteksi yang diusulkan menjamin keamanan jaringan distribusi aktif melalui isolasi gangguan LLL dan SLG secara cepat dan tepat sasaran tanpa mengganggu penyulang yang sehat.

Kata kunci: Aliran Daya Dua Arah, Penetrasi PV, Koordinasi Proteksi, *Particle Swarm Optimization* (PSO), Relai Direksional.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah**
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The large-scale integration of photovoltaic (PV) systems into medium-voltage distribution networks transforms the grid from a traditional radial structure into an active network with bidirectional power flow. This phenomenon poses significant challenges to conventional protection systems, leading to anomalies such as sympathetic tripping and loss of selectivity. This research aims to model adaptive protection coordination post-PV penetration using the IEEE 9-Bus Canadian Urban Benchmark system. Two PV units with a capacity of 1 MVA each are integrated at Bus 5 and Bus 7. Load flow and short-circuit simulations are conducted using ETAP 22.5 software, while the Time Multiplier Setting (TMS) for 15 protection relays is optimized using the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm via Python. The results indicate that existing radial protection settings experience miscoordination across various fault locations (F2, F3, F4, and F8) following PV penetration. The implementation of Directional Overcurrent Relays (DOCR) and Directional Ground Fault Relays (DGFR) is proven to restore system selectivity by mitigating the identified coordination anomalies. The PSO algorithm successfully determined optimal TMS values that minimize total fault clearing time while maintaining Coordination Time Interval (CTI) constraints of 0.2 to 0.4 seconds. The proposed protection scheme ensures the security of the active distribution network through fast and precise isolation of LLL and SLG faults without affecting healthy feeders.

Keywords: Bidirectional Power Flow, PV Penetration, Protection Coordination, Particle Swarm Optimization (PSO), Directional Relay.