UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Komparatif Hosting Capacity PLTS pada Penyulang Banyudono 07 Boyolali dengan Metode Deterministik dan Monte Carlo
Faris Adi Sanfaroni, Dr. Fitri Puspasari, S.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Peningkatan penetrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* pada jaringan distribusi 20 kV mendorong kebutuhan penentuan *hosting capacity* (HC) yang akurat. Metode deterministik yang umum digunakan mengasumsikan satu kondisi *worst case* tetap sehingga hasilnya sangat bergantung pada pemilihan *load factor* yang bersifat subjektif, sedangkan studi perbandingan kuantitatif dengan metode probabilistik pada jaringan nyata di Indonesia masih sangat terbatas. Penelitian ini membandingkan nilai HC PLTS *on-grid* pada Penyulang Banyudono 07 (PLN UP3 Surakarta, Boyolali, Jawa Tengah) menggunakan dua metode secara terpisah: Metode A deterministik dengan *worst-case load factor* $k_L = 0{,}30$, dan Metode B probabilistik berbasis *Monte Carlo Simulation* (MCS) dengan $N = 1.000$ iterasi dan distribusi Beta untuk memodelkan variabilitas beban dan irradiansi GHI historis. Pemodelan jaringan dan simulasi aliran daya dilakukan menggunakan *pandapower* berbasis Python 3.9 dengan solver Newton–Raphson, dan model telah tervalidasi dengan galat tegangan maksimum sebesar 0,0006%, jauh di bawah batas toleransi 5%. Hasil simulasi menunjukkan HC deterministik bernilai seragam 1.360 kW pada seluruh 17 bus dengan *reverse power flow* (RPF) sebagai satu-satunya *binding constraint*, sedangkan HC probabilistik rata-rata mencapai 3.071 kW dengan rentang 2.600–3.400 kW antarbus. Selisih kuantitatif antara kedua metode mencapai +1.711 kW atau +125,8% dengan rasio 2,26×, yang dapat dijelaskan oleh jarak antara asumsi $k_L = 0{,}30$ dan rata-rata *load factor* nyata $\mu = 0{,}674$. Penetrasi PLTS sebesar HC probabilistik yang diuji di Bus 09 pada kondisi beban nominal terbukti aman: tegangan minimum naik dari 0,9668 p.u. menjadi 0,9777 p.u., pembebanan termal maksimum turun dari 29,12% menjadi 17,59%, rugi daya total turun 60,4%, dan kebutuhan suplai gardu induk berkurang 67,5%. Penelitian ini memberikan bukti kuantitatif bahwa metode deterministik meremehkan potensi penetrasi PLTS hingga 125,8% dibandingkan kondisi operasi nyata, sehingga dapat menjadi acuan bagi PLN dalam menetapkan kuota PLTS *on-grid* yang lebih realistis.

Kata kunci: PLTS, *hosting capacity*, *Monte Carlo*, komparatif, deterministik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Komparatif Hosting Capacity PLTS pada Penyulang Banyudono 07 Boyolali dengan Metode Deterministik dan Monte Carlo
Faris Adi Sanfaroni, Dr. Fitri Puspasari, S.Si., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Growing penetration of on-grid photovoltaic (PV) systems in 20 kV distribution networks has intensified demand for accurate *hosting capacity* (HC) assessment. The deterministic approach relies on a fixed worst-case operating condition, making its results highly sensitive to the subjective choice of load factor, while quantitative comparisons with probabilistic methods on real Indonesian feeders remain scarce. This study compares the HC of on-grid PV systems on Banyudono 07 Feeder (PLN UP3 Surakarta, Boyolali, Central Java) using two independent methods: Method A, a deterministic approach with worst-case load factor $k_L = 0.30$, and Method B, a probabilistic approach based on Monte Carlo Simulation (MCS) with $N = 1{,}000$ iterations and Beta distributions fitted to historical load and global horizontal irradiance (GHI) data. Network modelling and load-flow simulations were carried out in *pandapower* on Python 3.9 with a Newton–Raphson solver, and the model was validated against PLN UP3 Surakarta reference data with a maximum voltage error of 0.0006%, well below the 5% tolerance threshold. Simulation results show that the deterministic HC is uniform at 1,360 kW across all 17 buses, with reverse power flow (RPF) as the sole binding constraint, whereas the probabilistic HC averages 3,071 kW with bus-level values ranging from 2,600 to 3,400 kW. The mean difference between the two methods is +1,711 kW or +125.8% (ratio 2.26×), attributable to the gap between the assumed $k_L = 0.30$ and the mean real-world load factor $\mu = 0.674$. PV penetration at the probabilistic HC level, tested at Bus 09 under nominal load conditions, proves technically safe: minimum bus voltage rises from 0.9668 p.u. to 0.9777 p.u., maximum line thermal loading drops from 29.12% to 17.59%, total active losses decrease by 60.4%, and substation supply demand is reduced by 67.5%. These findings provide quantitative evidence that the deterministic method underestimates PV penetration potential by 125.8% relative to real operating conditions, offering PLN a practical basis for setting more realistic on-grid PV quotas.

Keywords: photovoltaic, *hosting capacity*, *Monte Carlo*, comparative, deterministic