

ABSTRAK

OPTIMALISASI PRODUKSI ENERGI MENGGUNAKAN SOLAR PANEL PADA KONDISI *PARTIAL SHADING* DENGAN *MICRO-INVERTER* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI SISTEM PADA PV *ARRAY*

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 20 Juli 2026

Muhammad Rayyan Harahap; Dibimbing oleh Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. dan Dr. RD. Kusumanto, S.T., M.M.

xxiv + 157 halaman, 22 tabel, 63 gambar, lampiran (76 halaman).

Sistem tenaga surya semakin banyak diadopsi sebagai sumber energi terbarukan, namun kinerjanya sering terganggu oleh *Partial Shading* yang dapat menurunkan efisiensi dan daya keluaran listrik. Pemilihan topologi *inverter* antara *String-Inverter* dan *Micro-Inverter* memegang peran penting dalam mengurangi kerugian akibat *Partial Shading* serta meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara eksperimental kinerja *Micro-Inverter* dibandingkan dengan *String-Inverter* pada berbagai kondisi *Partial Shading*, dengan fokus pada efisiensi listrik dan kelayakan ekonomi.

Eksperimen dilakukan di Palembang menggunakan empat panel PV *Polycrystalline* berkapasitas 100 Wp yang dipasang dengan kemiringan 15° dan azimuth menghadap utara. Daya keluaran AC diukur pada empat tingkat bayangan (0%, 5%, 10%, dan 15%) menggunakan *irradiance meter* dan *watt meter* selama interval harian 10 jam. Rasio kinerja (*Performance Ratio*), faktor pengisian (*Fill Factor*), dan efisiensi dihitung, serta analisis *Break Even Point* (BEP) dilakukan untuk menilai kelayakan ekonomi.

Pada kondisi tanpa *Partial Shading*, *Micro-Inverter* mencapai efisiensi 22,98% dibandingkan 15,96% pada *String-Inverter*. Pada *Partial Shading* 5%, kedua sistem menunjukkan kinerja serupa (14,57% vs. 14,40%). Namun, pada *Partial Shading* 10% dan 15%, *Micro-Inverter* secara signifikan mengungguli *String-Inverter*, dengan efisiensi masing-masing 10,40% dan 9,87% dibandingkan 4,38% dan 1,35%. Analisis BEP menunjukkan bahwa meskipun *String-Inverter* lebih cepat mencapai titik balik modal pada kondisi bayangan minimal, *Micro-Inverter* lebih unggul secara ekonomi ketika bayangan melebihi 10%, dengan BEP *String-Inverter* meluas hingga 25,9 tahun pada bayangan 15%.

Micro-Inverter terbukti lebih tangguh terhadap *Partial Shading*, mampu mempertahankan efisiensi lebih tinggi serta memberikan keuntungan ekonomi jangka panjang yang lebih baik pada lingkungan dengan *Partial Shading*. Oleh karena itu, penggunaannya sangat direkomendasikan pada instalasi yang rentan terhadap bayangan, di mana *Micro-Inverter* mengungguli *String-Inverter* baik secara teknis maupun finansial.

Kata kunci:

PV panel, *Partial Shading*, *Micro-inverter*, *String-inverter*, *efficiency*.

Sitasi : 28 (2012 – 2025)

ABSTRACT

ENERGY PRODUCTION OPTIMIZATION OF SOLAR PANELS UNDER PARTIAL SHADING CONDITIONS WITH MICRO-INVERTERS TO IMPROVE EFFICIENCY SYSTEM IN PV ARRAYS

Scientific Paper in the form of thesis, 20 Juli 2026

Muhammad Rayyan Harahap; supervised by Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. dan Dr. RD. Kusumanto, S.T., M.M.

xxiv + 157 pages, 22 tables, 63 pictures, attachment (76 pages).

Solar photovoltaic (PV) systems are increasingly adopted as renewable energy sources, but their performance is often compromised by *Partial Shading*, which reduces efficiency and output. The choice of inverter topology string inverters versus micro-inverters plays a critical role in mitigating shading losses and improving overall system performance.

This study aims to experimentally evaluate the performance of micro-inverters compared to string inverters under varying *Partial Shading* conditions, focusing on electrical efficiency and economic feasibility.

The experiment was conducted in Palembang using four 100 Wp polycrystalline PV panels installed at a 15° tilt and north-facing azimuth. AC power output was measured under four shading levels (0%, 5%, 10%, and 15%) using irradiance meters and wattmeters over 10-hour daily intervals. Performance ratio, fill factor, and efficiency were calculated, and Break-Even Point (BEP) analysis was performed to assess economic viability.

Under unshaded conditions, micro-inverters achieved 22.98% efficiency compared to 15.96% for string inverters. At 5% shading, both systems performed similarly (14.57% vs. 14.40%). However, at 10% and 15% shading, micro-inverters significantly outperformed string inverters, with efficiencies of 10.40% and 9.87% compared to 4.38% and 1.35%, respectively. BEP analysis revealed that while string inverters reached payback faster under minimal shading, micro-inverters were more economically advantageous when shading exceeded 10%, with string inverter BEP extending to 25.9 years under 15% shading.

Micro-inverters demonstrate superior resilience to *Partial Shading*, maintaining higher efficiency and offering better long-term economic benefits in shaded environments. Their adoption is particularly recommended in installations prone to shading, where they outperform string inverters both technically and financially.

Keywords:

PV panel, Partial Shading, Micro-Inverter, String-Inverter, efficiency.

Citation : 28 (2012 – 2025)