Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/ijmst
Vol. 4 No. 3 (2026) pp: 10606-10613
P-ISSN: 2986-6790, e-ISSN: 2986-6782

Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Polikristalin dan Beban Listrik pada PLTS Off-Grid 400 Wp

Andi Tamara Riuddanie, Muhammad Emil Prayatna, Salsyah Bila Putri, Tahdid, Rima Daniar, Nurul Kholidah
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
tahdid@polsri.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kinerja PLTS off-grid dipengaruhi oleh sudut kemiringan panel surya dan variasi beban listrik yang digunakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh sudut kemiringan panel surya polikristalin dan beban listrik terhadap daya keluaran serta efisiensi sistem PLTS off-grid berkapasitas 400 Wp. Pengujian dilakukan menggunakan variasi sudut kemiringan panel sebesar 0°, 8°, 16°, 24°, dan 32°, serta variasi beban listrik 100, 200, 300, 400, dan 500 W. Parameter yang dianalisis meliputi daya keluaran panel, efisiensi daya panel, efisiensi kinerja panel, dan efisiensi sistem PLTS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya keluaran panel meningkat seiring bertambahnya beban hingga 400 W, kemudian menurun pada beban 500 W. Sudut kemiringan 8° dengan beban 400 W menghasilkan kondisi terbaik untuk daya keluaran sebesar 263,26 W, efisiensi daya panel 10,70%, dan efisiensi kinerja panel 65,82%. Sementara itu, efisiensi sistem PLTS tertinggi sebesar 9,1% diperoleh pada sudut kemiringan 32° dengan beban 200 W. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum berbeda untuk setiap parameter kinerja yang menjadi fokus utama penelitian. Dengan demikian, kombinasi sudut kemiringan panel dan beban listrik perlu disesuaikan dengan parameter yang ingin dioptimalkan agar kinerja sistem PLTS off-grid dapat ditingkatkan.

Kata kunci: PLTS Off-Grid; Panel Surya Polikristalin; Sudut Kemiringan; Beban Listrik; Daya Keluaran.

Abstract

Solar photovoltaic (PV) systems are a renewable energy source with the potential to reduce dependence on fossil fuels. The performance of off-grid PV systems is influenced by solar panel tilt angle and electrical load variations. This study aimed to analyze the effects of polycrystalline solar panel tilt angles and electrical loads on the output power and efficiency of a 400 Wp off-grid PV system. The tests were conducted at panel tilt angles of 0°, 8°, 16°, 24°, and 32°, with electrical loads of 100, 200, 300, 400, and 500 W. The evaluated parameters included panel output power, panel power efficiency, panel performance efficiency, and overall PV system efficiency. The results showed that panel output power increased as the electrical load increased up to 400 W, before decreasing at 500 W. The best operating condition for panel output power was obtained at a tilt angle of 8° and a load of 400 W, producing an output power of 263.26 W, panel power efficiency of 10.70%, and panel performance efficiency of 65.82%. Meanwhile, the highest overall PV system efficiency of 9.1% was achieved at a tilt angle of 32° and a load of 200 W. These findings indicate that the optimum operating conditions differ depending on the performance parameter being evaluated. Therefore, selecting an appropriate combination of panel tilt angle and electrical load is essential for improving the performance of off-grid PV systems. The results may serve as a reference for determining suitable operating conditions for solar power systems with similar configurations.

Keywords: Off-Grid PV System; Polycrystalline Solar Panel; Tilt Angle; Electrical Load; Output Power.

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan sektor industri menyebabkan kebutuhan energi listrik terus meningkat. Hingga saat ini, pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Ketergantungan terhadap energi fosil tidak hanya meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang berdampak pada pemanasan global, tetapi juga berpotensi mengurangi ketahanan energi akibat keterbatasan cadangan. Oleh karena itu, pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) menjadi salah satu langkah penting untuk mendukung penyediaan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Gunawan et al., n.d.).

Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar karena berada di wilayah khatulistiwa dengan penyinaran matahari sepanjang tahun. Energi surya dapat dimanfaatkan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan panel fotovoltaik (ESDM, 2021). Kinerja sistem PLTS dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain intensitas radiasi matahari, sudut kemiringan panel, dan besarnya beban listrik. Oleh karena itu, pengujian terhadap faktor-faktor tersebut diperlukan untuk mengetahui kondisi operasi yang dapat meningkatkan daya keluaran dan efisiensi sistem, khususnya pada PLTS off-grid.

Penelitian sebelumnya oleh Mandra et al. (2025) menunjukkan bahwa sudut kemiringan panel berpengaruh terhadap daya keluaran dan efisiensi PLTS. Yuliansya et al. (2025) juga mengkaji pengaruh beban listrik terhadap efisiensi sistem. Sementara itu, Dhana et al. (2025) meneliti kinerja PLTS off-grid berkapasitas 400 Wp menggunakan panel surya monokristalin dengan memvariasikan intensitas radiasi matahari dan sudut kemiringan panel. Penelitian tersebut mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan variasi radiasi dan kemiringan, sedangkan pengaruh variasi beban listrik secara bersamaan dengan sudut kemiringan panel belum menjadi fokus pengujiannya. <Cite refs={["turn719552search0","turn719552search15"]}/> Dengan demikian, celah penelitian terletak pada perlunya evaluasi gabungan antara sudut kemiringan panel dan variasi beban listrik pada sistem PLTS off-grid 400 Wp, khususnya menggunakan panel polikristalin serta mengevaluasi beberapa parameter kinerja dalam satu rangkaian pengujian.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan panel surya polikristalin (0°, 8°, 16°, 24°, dan 32°) serta beban listrik (100–500 W) terhadap kinerja sistem PLTS off-grid 400 Wp. Parameter yang dianalisis meliputi daya keluaran panel, efisiensi daya panel, efisiensi kinerja panel, dan efisiensi sistem PLTS. Penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh sudut kemiringan dan beban listrik terhadap efisiensi inverter pada sistem PLTS off-grid 200 Wp (Rani et al., 2025). Selain itu, penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan dan intensitas cahaya terhadap daya keluaran panel surya menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi penyinaran dalam evaluasi kinerja fotovoltaik (Kiswanto et al., 2025). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengevaluasi kombinasi sudut kemiringan dan beban listrik pada sistem 400 Wp untuk mengidentifikasi kondisi terbaik berdasarkan masing-masing parameter kinerja.

2. Alat dan Bahan

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan panel surya dan daya beban terhadap kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid berkapasitas 400 Wp. Sistem menggunakan empat panel surya polikristalin masing-masing berkapasitas 100 Wp yang dihubungkan secara paralel, dilengkapi baterai, SCC MPPT, inverter, DC wattmeter, dan MCB. Variasi sudut kemiringan panel yang digunakan adalah 0°, 8°, 16°, 24°, dan 32°, sedangkan variasi daya beban meliputi 100, 200, 300, 400, dan 500 W, sehingga diperoleh 25 kombinasi pengujian.

Pengujian dilakukan dengan mengatur sudut kemiringan panel dan daya beban sesuai variasi yang ditentukan. Pengukuran dilakukan pada sisi DC dan AC menggunakan multimeter, clamp meter, power meter analyzer, dan DC wattmeter. Parameter yang diamati meliputi irradiansi matahari, temperatur panel dan lingkungan, tegangan, arus, daya keluaran panel, daya beban, serta kondisi baterai. Pengujian dilaksanakan pada rentang waktu yang ditetapkan dengan mencatat waktu pengukuran dan kondisi lingkungan untuk setiap kombinasi perlakuan.

Data hasil pengukuran selanjutnya diolah untuk menghitung daya keluaran dan efisiensi sistem serta mengevaluasi perubahan kinerja berdasarkan variasi sudut kemiringan dan daya beban. Hasil setiap kombinasi dibandingkan dengan mempertimbangkan perubahan irradiansi, temperatur, dan kondisi baterai selama pengujian. Data pengujian berulang, apabila tersedia, dirangkum menggunakan nilai rata-rata dan simpangan baku. Hasil analisis digunakan untuk menentukan kombinasi sudut kemiringan dan daya beban yang menghasilkan kinerja PLTS paling optimal selama periode pengujian.

2.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi multimeter, clamp meter, dan power meter analyzer untuk mengukur parameter kelistrikan selama pengujian. Bahan dan komponen utama yang digunakan meliputi panel

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

surya polikristalin dengan kapasitas total 400 Wp, baterai, solar charge controller (SCC) tipe MPPT, inverter, DC wattmeter, serta miniature circuit breaker (MCB) sebagai perangkat proteksi rangkaian listrik.

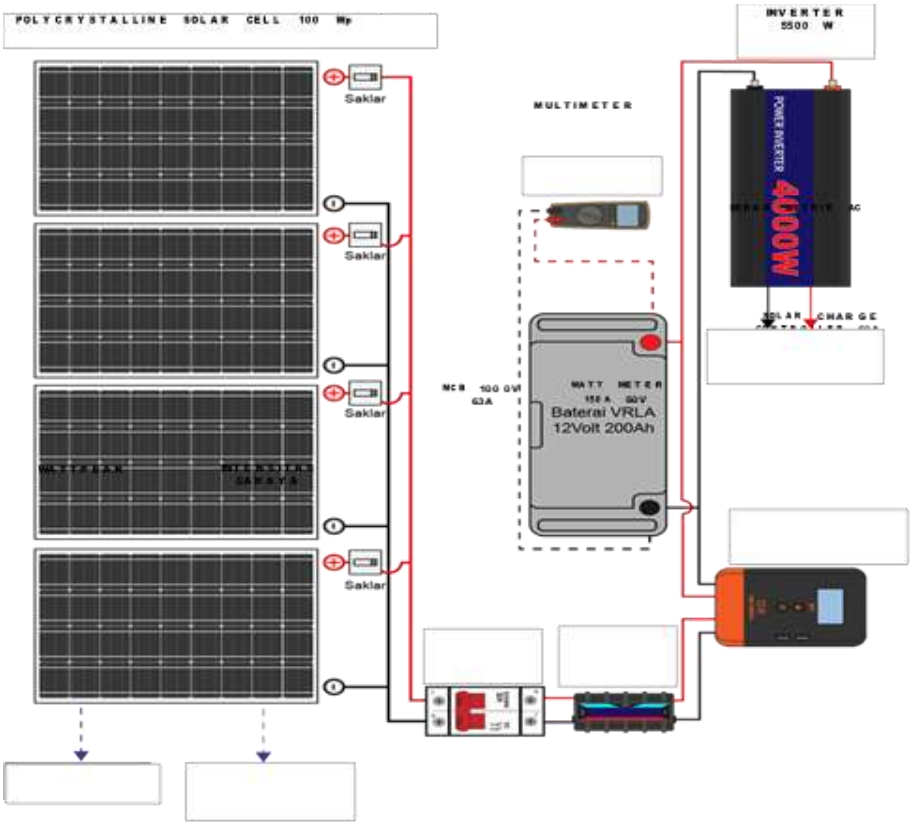
2.2 Diagram Alir Proses Penelitian

Pengujian dilakukan menggunakan empat panel surya polikristalin masing-masing berkapasitas 100 Wp yang dihubungkan secara paralel, sehingga kapasitas total sistem mencapai 400 Wp. Variasi sudut kemiringan panel ditetapkan sebesar 0°, 8°, 16°, 24°, dan 32°, sedangkan variasi beban listrik terdiri atas 100, 200, 300, 400, dan 500 W, sehingga diperoleh 25 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi diuji dengan prosedur dan durasi pengukuran yang konsisten. Urutan pengujian, jumlah ulangan, dan interval pencatatan data perlu dinyatakan berdasarkan pelaksanaan eksperimen yang sebenarnya.

Pada setiap kombinasi perlakuan, parameter yang diamati meliputi irradiansi matahari, temperatur permukaan panel dan lingkungan, tegangan serta arus DC, daya keluaran AC, dan kondisi state of charge (SOC) baterai. Spesifikasi panel, luas permukaan aktif, arah azimut, jenis beban, daya aktual, kapasitas baterai, serta spesifikasi solar charge controller (SCC) MPPT dan inverter dicantumkan untuk mendukung reproduksibilitas penelitian. Akurasi alat ukur dan titik pengukuran pada sisi DC maupun AC juga perlu dijelaskan agar hasil perhitungan daya dan efisiensi dapat diverifikasi.

Data hasil pengujian disajikan untuk setiap kombinasi sudut dan beban, disertai nilai irradiansi serta temperatur pada saat pengukuran. Kondisi awal SOC baterai dan perubahan cuaca juga perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi daya keluaran sistem. Apabila pengujian dilakukan berulang, hasil dirangkum dalam bentuk nilai rata-rata dan simpangan baku. Jika pengujian tidak dilakukan berulang, data dilaporkan sebagai hasil pengukuran aktual tanpa mencantumkan simpangan baku. Pengendalian dan pelaporan parameter tersebut diperlukan agar perubahan kinerja PLTS dapat dievaluasi secara objektif berdasarkan variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik.

Adapun diagram alir proses pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, yaitu:



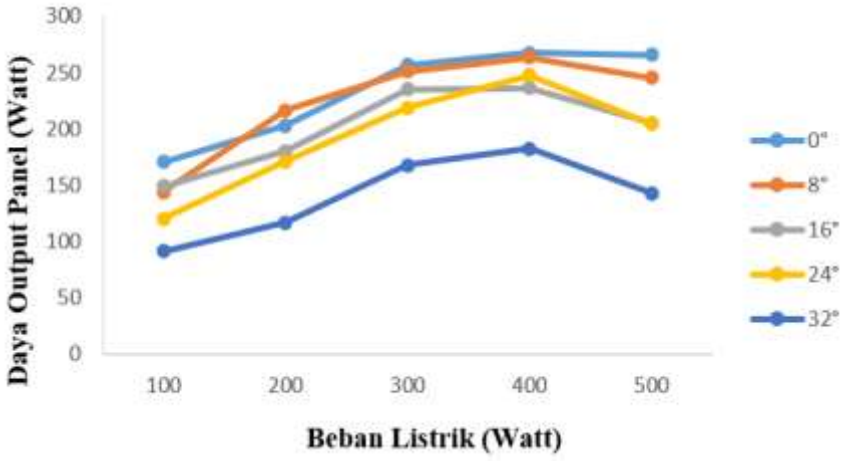
Gambar 1. Rangkaian Unit PLTS

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Beban Listrik dan Sudut Kemiringan Panel Terhadap Daya Output Panel

Daya keluaran (output power) merupakan salah satu parameter utama untuk mengevaluasi kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Besarnya daya keluaran dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, sudut kemiringan panel, temperatur panel, dan beban listrik. Pada sistem PLTS off-grid, daya yang dihasilkan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan beban dan mengisi baterai sesuai kondisi operasi sistem. Oleh karena itu, analisis variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik diperlukan untuk mengevaluasi perubahan daya keluaran pada setiap kondisi pengujian (Banakhr & Mosaad, 2021). Grafik hubungan variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap daya keluaran PLTS ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh beban listrik dan sudut kemiringan panel terhadap daya output panel

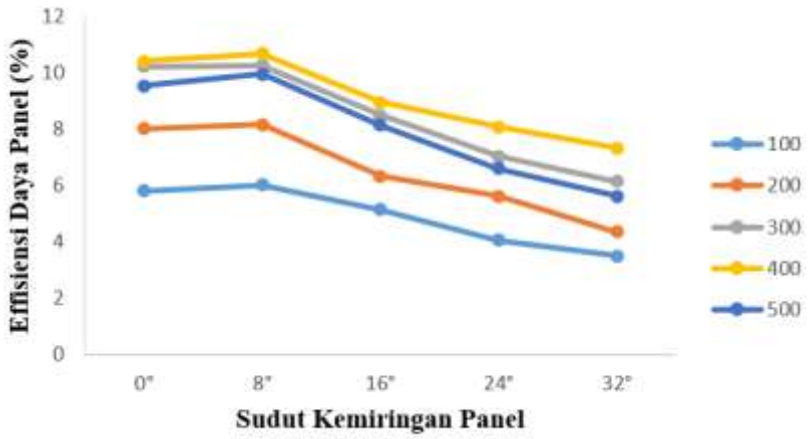
Berdasarkan Gambar 2, daya keluaran panel surya meningkat seiring bertambahnya beban dari 100 W hingga 400 W pada seluruh variasi sudut kemiringan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem PLTS masih bekerja mendekati Maximum Power Point (MPP), sehingga daya yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal. Namun, pada beban 500 W daya keluaran menurun karena kebutuhan daya telah melebihi kemampuan optimum panel. Hasil ini sejalan dengan penelitian Banakhr dan Mosaad yang menyatakan bahwa kinerja sistem PLTS off-grid menurun ketika beban melampaui kapasitas pembangkitan panel (Banakhr & Mosaad, 2021).

Ditinjau dari sudut kemiringan, daya keluaran panel bervariasi pada setiap sudut pengujian. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan memengaruhi penerimaan radiasi matahari dan kinerja panel surya (Khaeri et al., 2025). Selain itu, daya keluaran panel fotovoltaik dipengaruhi oleh irradiansi matahari dan temperatur modul, sehingga perubahan kondisi lingkungan dapat menyebabkan perbedaan kinerja pada setiap sudut pengujian. Sudut dengan daya keluaran tertinggi menunjukkan kondisi terbaik berdasarkan parameter daya, tetapi belum tentu menghasilkan efisiensi panel maupun efisiensi sistem PLTS tertinggi. Oleh karena itu, penentuan kondisi operasi optimal perlu mempertimbangkan setiap parameter kinerja secara terpisah.

3.2 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel dan Beban Listrik Terhadap Efisiensi Daya Panel (%)

Efisiensi daya panel merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan panel surya dalam mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Nilai efisiensi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas radiasi matahari, temperatur, sudut kemiringan panel, dan beban listrik. Pada sistem PLTS off-grid, efisiensi panel menjadi indikator penting karena memengaruhi energi yang disimpan pada baterai dan disalurkan ke beban. Grafik pengaruh variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap efisiensi daya panel ditunjukkan pada Gambar 3.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



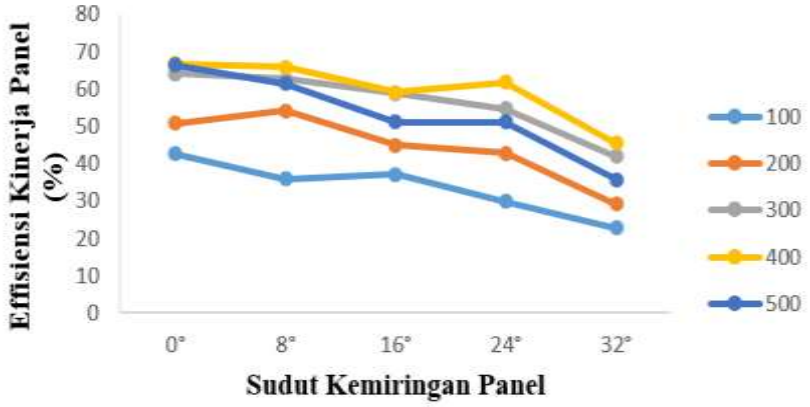
Gambar 3. Pengaruh sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap efisiensi daya panel

Berdasarkan Gambar 3, efisiensi daya panel dipengaruhi oleh sudut kemiringan dan variasi beban listrik. Secara umum, efisiensi meningkat dari sudut 0° hingga mencapai nilai tertinggi pada sudut 8°, kemudian menurun pada sudut 16°, 24°, dan 32°. Hal ini menunjukkan bahwa sudut 8° memberikan penerimaan radiasi matahari yang lebih optimal sehingga proses konversi energi listrik berlangsung lebih efektif. Sebaliknya, peningkatan sudut kemiringan mengurangi irradiansi yang diterima panel sehingga efisiensi menurun. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa orientasi dan sudut kemiringan panel memengaruhi besarnya irradiansi yang diterima serta efisiensi panel fotovoltaik (Mamun et al., 2022).

Ditinjau dari variasi beban, efisiensi panel meningkat seiring bertambahnya beban hingga mencapai nilai maksimum pada beban 400 W, kemudian menurun pada beban 500 W. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan beban tidak selalu diikuti oleh peningkatan efisiensi panel. Penurunan efisiensi pada beban 500 W mengindikasikan adanya perubahan kinerja sistem pada kondisi pembebanan tersebut. Namun, penentuan penyebab penurunan efisiensi memerlukan data tambahan mengenai titik operasi panel, karakteristik pengendali, dan kondisi baterai.

3.3 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel dan Beban Listrik Terhadap Efisiensi Kinerja Panel (%)

Efisiensi kinerja panel (performance efficiency) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan panel surya dalam mempertahankan performanya selama proses konversi energi listrik. Nilai efisiensi ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, temperatur panel, sudut kemiringan, dan beban listrik. Pada sistem PLTS off-grid, efisiensi kinerja menjadi indikator penting untuk menilai performa sistem pada berbagai kondisi operasi. Grafik pengaruh variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap efisiensi kinerja panel ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap efisiensi kinerja panel

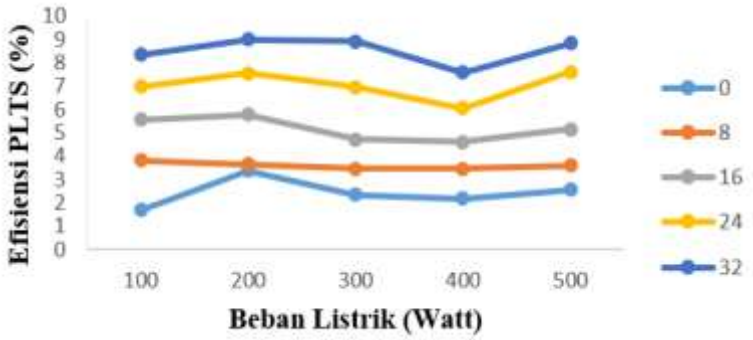
DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Berdasarkan Gambar 4, efisiensi kinerja panel cenderung menurun seiring bertambahnya sudut kemiringan pada seluruh variasi beban. Efisiensi tertinggi diperoleh pada sudut 8°, sedangkan nilai terendah pada sudut 32°. Hal ini menunjukkan bahwa sudut 8° memberikan kinerja terbaik berdasarkan parameter efisiensi panel selama pengujian. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan penerimaan radiasi matahari pada permukaan panel, yang dipengaruhi oleh orientasi panel terhadap posisi matahari (Mamun et al., 2022).

Ditinjau dari variasi beban, efisiensi kinerja panel meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada beban 400 W, kemudian menurun pada beban 500 W. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan beban tidak selalu meningkatkan efisiensi sistem. Namun, penentuan titik daya maksimum (Maximum Power Point, MPP) perlu didukung data tegangan dan arus panel karena beban listrik tidak secara langsung menunjukkan posisi operasi MPP. Hasil ini menegaskan bahwa sudut kemiringan dan variasi beban perlu dianalisis secara bersamaan untuk mengevaluasi kinerja panel surya. Penelitian Dhana et al. (2025) juga membahas pengaruh sudut kemiringan dan kondisi operasi terhadap performa sistem PLTS off-grid.

3.4 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel dan Beban Listrik Terhadap Efisiensi PLTS (%)

Efisiensi PLTS merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh beban. Nilai efisiensi dipengaruhi oleh kinerja panel surya, komponen sistem, sudut kemiringan panel, dan beban listrik. Pada sistem PLTS off-grid, efisiensi sistem menjadi indikator penting untuk mengevaluasi performa keseluruhan pada berbagai kondisi operasi (Skoplaki & Palyvos, 2009; Dhana et al., 2025). Sudut kemiringan panel memengaruhi penerimaan radiasi matahari dan daya keluaran, sehingga penentuan sudut yang sesuai dengan kondisi pengujian menjadi faktor penting dalam meningkatkan kinerja sistem (Khaeri et al., 2025). Grafik pengaruh variasi sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap efisiensi PLTS ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Sudut Kemiringan Panel dan Beban Listrik Terhadap Efisiensi PLTS (%)

Berdasarkan Gambar 5, efisiensi sistem PLTS off-grid 400 Wp bervariasi terhadap perubahan sudut kemiringan panel dan daya beban listrik. Secara umum, efisiensi meningkat pada beban 200 W, menurun pada beban 300–400 W, kemudian kembali meningkat pada beban 500 W. Perubahan ini menunjukkan bahwa hubungan antara beban dan efisiensi sistem tidak selalu linear karena dipengaruhi oleh pemanfaatan daya serta rugi-rugi energi pada komponen sistem, seperti SCC, baterai, dan inverter (Sikumbang et al., 2024).

Ditinjau dari sudut kemiringan, sudut 32° menghasilkan efisiensi sistem tertinggi, sedangkan sudut 0° menghasilkan efisiensi terendah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan memengaruhi penerimaan radiasi matahari pada permukaan panel. Hasil tersebut sejalan dengan Dhana et al. (2025) yang membahas pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja PLTS off-grid. Namun, pengaruh sudut kemiringan perlu dianalisis bersama kondisi irradiansi dan temperatur panel karena kedua faktor tersebut turut memengaruhi daya keluaran dan efisiensi fotovoltaik (Skoplaki & Palyvos, 2009).

Secara keseluruhan, kombinasi sudut 32° dan beban 200 W menghasilkan efisiensi sistem PLTS tertinggi, sedangkan efisiensi terendah diperoleh pada sudut 0° dan beban 100 W. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi terbaik berdasarkan efisiensi sistem belum tentu sama dengan kondisi terbaik berdasarkan daya keluaran atau efisiensi panel. Oleh karena itu, penentuan kondisi operasi optimal perlu mempertimbangkan setiap parameter

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

kinerja, kondisi baterai, serta perubahan cuaca selama pengujian. Hasil ini juga terbatas pada kondisi eksperimen yang dilakukan sehingga belum dapat digeneralisasi untuk seluruh lokasi dan kondisi pengoperasian PLTS.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi sudut kemiringan panel surya polikristalin dan beban listrik memengaruhi daya keluaran serta efisiensi kinerja sistem PLTS off-grid berkapasitas 400 Wp. Daya keluaran tertinggi sebesar 263,26 W diperoleh pada sudut kemiringan 8° dengan beban 400 W, disertai efisiensi daya panel sebesar 10,70% dan efisiensi kinerja panel sebesar 65,82%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi sudut kemiringan 8° dan beban 400 W menghasilkan daya keluaran tertinggi selama pengujian. Sementara itu, efisiensi sistem PLTS tertinggi sebesar 9,1% diperoleh pada sudut kemiringan 32° dengan beban 200 W. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi operasi yang menghasilkan daya keluaran tertinggi tidak selalu menghasilkan efisiensi sistem tertinggi karena setiap parameter memiliki dasar perhitungan dan dipengaruhi oleh kondisi operasi yang berbeda. Variasi sudut kemiringan panel memengaruhi penerimaan radiasi matahari pada permukaan panel, sedangkan perubahan beban listrik memengaruhi pemanfaatan daya yang dihasilkan oleh sistem. Peningkatan sudut kemiringan tidak selalu meningkatkan kinerja panel karena jumlah radiasi matahari yang diterima juga bergantung pada posisi matahari dan kondisi lingkungan selama pengujian. Selain itu, daya keluaran sistem dipengaruhi oleh irradiansi matahari, temperatur panel, kondisi baterai, serta karakteristik komponen pendukung, seperti solar charge controller (SCC) MPPT dan inverter. Oleh karena itu, evaluasi kinerja PLTS perlu mempertimbangkan hubungan antara sudut kemiringan, variasi beban, dan kondisi operasi sistem secara menyeluruh. Secara keseluruhan, penentuan kondisi operasi PLTS off-grid perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan sistem, baik untuk memperoleh daya keluaran maksimum maupun meningkatkan efisiensi sistem. Berdasarkan hasil pengujian, sudut kemiringan 8° dengan beban 400 W dapat dipertimbangkan apabila prioritasnya adalah memperoleh daya keluaran tertinggi, sedangkan sudut 32° dengan beban 200 W menghasilkan efisiensi sistem tertinggi pada kondisi pengujian yang dilakukan. Namun, hasil tersebut terbatas pada konfigurasi dan kondisi eksperimen yang digunakan sehingga belum dapat digeneralisasi untuk seluruh kondisi pemasangan PLTS. Pengujian berulang dengan pengendalian dan pencatatan irradiansi, temperatur panel, temperatur lingkungan, serta kondisi awal baterai diperlukan untuk meningkatkan keandalan hasil. Penelitian selanjutnya juga disarankan mengevaluasi kinerja sistem pada variasi kondisi cuaca dan periode pengujian yang lebih luas agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh sudut kemiringan panel dan beban listrik terhadap kinerja PLTS off-grid.

Reference

1. Abdul Kodir Albahar, M.F.H. (2020) ‘Daya, Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) terhadap Keluaran’, 8(2), pp. 115–122.
2. Banakhr, F.A. and Mosaad, M.I. (2021) ‘High performance adaptive maximum power point tracking technique for off-grid photovoltaic systems’, Scientific Reports, pp. 1–13. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-021-99949-8.
3. Dhana, A. W., Maulidia, J., Fitri, R. A., Tahdid, Isnandar, Y., & Effendy, S. (2025). Effect of solar irradiance and tilt angle on the performance of a 12 Volt off grid solar power system with 400 Wp panel capacity. Journal of Industrial, Energy and Environment Technology, 3(2). https://doi.org/10.36257/jieetech.v3i2.10984
4. Effect of tilt angle on the performance and electrical parameters of a PV module: Comparative indoor and outdoor experimental investigation. (2022). Energy and Built Environment, 3(3), 278–290. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.02.001
5. Gunawan, L.A., Teknik, F., Surabaya, U.N., Agung, A.I., Widyartono, M. and Haryudo, S.I. (n.d.) ‘Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya portable’.
6. Mamun, M.A.A., Islam, M.M., Hasanuzzaman, M. and Selvaraj, J. (2022) ‘Effect of tilt angle on the performance and electrical parameters of a PV module: Comparative indoor and outdoor experimental investigation maximum Power Point Tracker’, Energy and Built Environment, 3(3), pp. 278–290. Available at: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.02.001.
7. Mandra, M.A.S., Ali, A.M.T., Yusuf, A.Z. and Amin, H. (2025) ‘The Effect of Tilt Angle of 200 WP Polycrystal Type Solar Panels on Output Power and Electrical Energy Efficiency’, 3(3), pp. 419–434.
8. Patil, H.A. (2024) ‘Design and Simulation of a Grid-Connected Hybrid PV-Wind-Battery System Using Multi-Level Inverter for Residential Applications’, 33(8), pp. 2877–2896.
9. Ramli, M.A.M., Bouchekara, H.R.E.H. and Shahriar, M.S. (2021) ‘Maximization of Solar Radiation on PV Panels With Optimal Intervals and Tilt Angle: Case Study of Yanbu, Saudi Arabia’, 9(October), pp. 1–11. Available at: https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.753998.
10. Rani, M., Abila, D. S., Aslam, D. P., Tahdid, & Yunanto, I. (2025). Effect of panel tilt angle and electrical load on inverter efficiency in a 24V off-grid 200 WP photovoltaic system. Journal of Industrial, Energy and Environment Technology, 3(1), 102–106. https://doi.org/10.36257/jieetech.v3i1.11027
11. Sikumbang, R.W., Buana, U.M. and Barat, K.J. (2024) ‘Analisis Efisiensi Solar Charge Controller Menggunakan Integrasi Numerik dengan Analysis of Solar Charge Controller Efficiency Using Numerical Integration’, 9(2), pp. 127–134. Available at: https://doi.org/10.33579/krvtk.v9i2.5013.
12. Skoplaki, E., & Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. Solar Energy, 83(5), 614–624. https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.10.008
13. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2021). Inventarisasi emisi gas rumah kaca sektor energi. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

14. Kiswanto, H., Noviarianto, Suyono, Harsono, P., Oscar, Y., & Putranto, W. A. (2025). Analisis eksperimental pengaruh sudut kemiringan dan intensitas cahaya terhadap kinerja panel surya portabel. Wahana Fisika: Jurnal Fisika dan Terapannya, 10(2), 105–120. https://doi.org/10.17509/wafi.v10i2.92185
15. Khaeri, A. N., Gani, D. A., Hikariantar, I. P., & Suseno, D. (2025). Performance analysis of an off-grid solar power prototype for pond filtration pumps: Effect of panel tilt angle and weather conditions. JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin, 6(2). https://doi.org/10.37373/jttm.v6i2.1887
16. Yuliansya, R., Alwi, M.H. and Daniar, R. (2025) 'Pengaruh Beban Kerja dan Kapasitas Watt Peak Terhadap Effisiensi PLTS Sistem Off Grid Menggunakan Double Battery 12 V', 6(December), pp. 1249–1257.

DOI: https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i3.14367
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)