

Analisis Kinerja Teknis dan Optimasi Rasio DC/AC Pada Sistem PLTS *On-Grid* Menggunakan Simulasi PVsyst

Rizqi Adi Nugroho¹, Tatun Hayatun Nufus^{1*}, Rahmat Subarkah¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: tatun.hayatun@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Rasio DC/AC merupakan parameter desain kritis pada sistem PLTS *On-Grid* yang secara langsung memengaruhi pembebanan inverter, hasil energi, dan kerugian akibat clipping. Pemilihan rasio yang tidak tepat dapat menyebabkan kapasitas inverter tidak dimanfaatkan sepenuhnya atau energi yang terpotong berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio DC/AC terhadap kinerja teknis sistem PLTS *On-Grid* berkapasitas 179 kWp di sebuah fasilitas industri di Indonesia menggunakan PVsyst, guna menentukan konfigurasi yang paling optimal secara teknis. Empat skenario diuji pada rasio DC/AC 0,90; 1,00 (3×60KTL); 1,00 (6×30KTL); dan 1,20, dengan parameter Energy Yield, Specific Yield, Performance Ratio (PR), efisiensi inverter, clipping losses, dan Loss Diagram. Skenario DC/AC = 1,00 dengan enam unit inverter Huawei SUN2000-30KTL-M0 mencapai kinerja terbaik dengan Energy Yield 263.115 kWh/tahun, Specific Yield 1.469,9 kWh/kWp, PR 82,22%, efisiensi inverter 97,67%, dan clipping losses terendah 2,39%. Analisis Loss Diagram menunjukkan kerugian inverter operasi pada skenario terbaik ini 1,82%, lebih rendah dari skenario rasio 1,20 (1,84%). Temuan ini menegaskan bahwa optimasi rasio DC/AC dan distribusi unit inverter penting untuk meminimalkan rugi-rugi sistem dan memaksimalkan efisiensi teknis PLTS *On-Grid* di iklim tropis. Kata-kata kunci: PLTS *On-Grid*, rasio DC/AC, Performance Ratio, clipping losses, specific yield, loss diagram

Kata kunci: PLTS *On-Grid*, rasio DC/AC, Performance Ratio, clipping losses, specific yield, loss diagram

Abstract

The DC/AC ratio is a critical design parameter in on-grid solar power systems that directly affects the inverter load, energy output, and losses due to clipping. An inappropriate choice of ratio can result in the inverter's capacity not being fully utilized or excessive energy clipping. This study aims to analyze the effect of variations in the DC/AC ratio on the technical performance of a 179 kWp on-grid PV system at an industrial facility in Indonesia using PVsyst, in order to determine the most technically optimal configuration. Four scenarios were tested at DC/AC ratios of 0.90; 1.00 (3×60KTL); 1.00 (6×30KTL); and 1.20, using the parameters Energy Yield, Specific Yield, Performance Ratio (PR), inverter efficiency, clipping losses, and Loss Diagram. The DC/AC = 1.00 scenario, featuring six Huawei SUN2000-30KTL-M0 inverters, achieved the best performance with an Energy Yield of 263,115 kWh/year, a Specific Yield of 1,469.9 kWh/kWp, a PR of 82.22%, an inverter efficiency of 97.67%, and the lowest clipping losses at 2.39%. Analysis of the Loss Diagram shows that inverter operating losses in this best-case scenario are 1.82%, lower than in the 1.20 ratio scenario (1.84%). These findings confirm that optimizing the DC/AC ratio and the distribution of inverter units is crucial for minimizing system losses and maximizing the technical efficiency of grid-connected solar power plants in tropical climates.

Keywords: On-grid PV system, DC/AC ratio, performance ratio, clipping losses, specific yield, loss diagram

1. PENDAHULUAN

Energi surya fotovoltaik (PV) telah muncul sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan di dunia, didorong oleh kemajuan teknologi yang pesat dan biaya pemasangan yang semakin murah [1]. Indonesia, yang terletak di sepanjang garis khatulistiwa, menerima radiasi matahari yang melimpah sepanjang tahun dengan intensitas radiasi horizontal global (GHI) rata-rata melebihi 4,5 kWh/m²/hari, sehingga tenaga surya fotovoltaik (PV) menjadi solusi energi yang sangat layak[2]. Menanggapi meningkatnya permintaan energi nasional dan kebutuhan mendesak untuk mengurangi emisi karbon, pemerintah Indonesia telah menetapkan target energi terbarukan yang ambisius, di mana pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) memainkan peran sentral dalam mewujudkan target emisi nol bersih pada tahun 2060[3]. Pada sistem PLTS terhubung jaringan, inverter berfungsi sebagai komponen utama untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh modul PV menjadi arus bolak-balik (AC) yang kompatibel dengan jaringan listrik umum. Rasio DC/AC—yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas terpasang modul PV (kWp) dengan kapasitas keluaran AC nominal inverter (kWac)—merupakan parameter desain mendasar yang secara langsung memengaruhi beban inverter, kerugian pemotongan, dan efisiensi sistem secara keseluruhan[4].

$$\text{Rasio DC/AC} = \frac{\text{Kapasitas PV (kWp)}}{\text{Kapasitas AC (kWac)}} \quad (1)$$

Rasio DC/AC yang terlalu rendah mengakibatkan kapasitas inverter tidak termanfaatkan sepenuhnya, sedangkan rasio yang terlalu tinggi menyebabkan saturasi inverter dan pemotongan energi selama periode intensitas sinar matahari puncak[5]. Penelitian-penelitian sebelumnya telah meneliti pengaruh rasio DC/AC terhadap kinerja sistem PV. Good dan Johnson[6]. *Demonstrated that inverter loading ratio (ILR) significantly affects system performance, though their analysis did not incorporate PVSyst simulation software.* Väisänen et al[7]. Menentukan rasio ukuran inverter yang optimal untuk meminimalkan biaya listrik rata-rata (LCOE) dalam kondisi radiasi matahari di Finlandia, yang sangat berbeda dengan iklim tropis. Díaz-Bello dkk[8]. Mengusulkan suatu metodologi untuk memperkirakan dampak rasio DC/AC terhadap kerugian clipping pada sistem di Valencia, Spanyol. Baru-baru ini, Kaewnukultron dkk[9]. Mengusulkan desain optimalisasi untuk penentuan ukuran susunan panel PV dan inverter, sementara Isin dan Cetinkaya[10]. Namun, penelitian yang secara khusus membahas optimalisasi rasio DC/AC dengan menggunakan simulasi PVSyst untuk sistem PV atap gedung industri di iklim tropis Indonesia masih terbatas, sehingga hal ini menjadi celah penelitian yang signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan tersebut dengan menganalisis secara komprehensif pengaruh variasi rasio DC/AC terhadap kinerja teknis sistem PV atap terhubung jaringan berkapasitas 179 kWp di sebuah fasilitas industri di Indonesia. Empat skenario rasio DC/AC disimulasikan menggunakan PVSyst, dan hasilnya dibandingkan berdasarkan *Energy Yield*, *Specific Yield*, *Performance Ratio* (PR), efisiensi inverter, *clipping losses*, dan distribusi rugi-rugi sistem melalui *Loss Diagram* untuk mengidentifikasi konfigurasi yang paling optimal secara teknis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling berkesinambungan. Tahapan diawali dengan studi literatur untuk mengkaji referensi ilmiah terkait sistem PLTS On-Grid, kinerja inverter, rasio DC/AC, dan metode evaluasi kinerja sistem PLTS sebagai landasan teoritis penelitian. Selanjutnya dilakukan pengambilan data yang meliputi data primer berupa kondisi fisik lokasi penelitian dan data sekunder berupa spesifikasi teknis modul surya dan inverter, koordinat geografis, serta data radiasi matahari dari basis data Meteororm 8.1 yang terintegrasi dalam PVSyst. Setelah data terkumpul, dilakukan pemodelan sistem PLTS menggunakan perangkat lunak PVSyst berdasarkan seluruh data yang telah diperoleh, dilanjutkan dengan simulasi dan penentuan variasi DC/AC rasio pada empat skenario yaitu 0,90; 1,00 (3 unit 60KTL); 1,00 (6 unit 30KTL); dan 1,20. Hasil simulasi kemudian dievaluasi untuk menentukan apakah variasi DC/AC rasio yang disimulasikan telah menghasilkan produksi energi yang optimal; apabila belum optimal maka proses simulasi diulang kembali dengan penyesuaian konfigurasi hingga diperoleh hasil yang representatif. Setelah seluruh skenario dinyatakan valid, dilakukan analisis kinerja teknis sistem PLTS yang meliputi *Energy Yield*, *Specific Yield*, *Performance Ratio*, efisiensi inverter, *clipping losses*, dan distribusi rugi-rugi sistem melalui *Loss Diagram*. Berdasarkan hasil analisis tersebut ditentukan rasio DC/AC yang paling optimal secara teknis, kemudian penelitian diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

Spesifikasi Lokasi dan Sistem

Lokasi penelitian adalah atap Plant di PT. XYZ, sebuah fasilitas industri di Indonesia. Sistem PLTS dirancang dengan kapasitas terpasang 179 kWp menggunakan 294 unit modul Trinasolar TSM-DEG21C.20 610 Wp monokristal PERC. Data radiasi matahari diperoleh dari basis data Meteonorm 8.1 yang terintegrasi dalam PVSyst. Spesifikasi lengkap disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi lokasi dan Sistem

Parameter	Nilai
Lokasi	PT. XYZ, Indonesia
Modul PV	Trinasolar TSM-DEG21C.20 610 Wp (294 unit)
Kapasitas PV Total	179 kWp
Efisiensi Modul	21,3%
Inverter (S2)	Huawei SUN2000-60KTL-M0 (3 unit, 180 kWac)
Inverter (S3)	Huawei SUN2000-30KTL-M0 (6 unit, 180 kWac)
Data Meteorologi	Meteonorm 8.1 via PVSyst.

Skenario Variasi Rasio DC/AC

Empat skenario rasio DC/AC ditentukan dengan mempertahankan kapasitas PV tetap 179 kWp dan hanya memvariasikan konfigurasi inverter sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario Variasi Rasio DC/AC

Skenario	Rasio DC/AC	Konfigurasi Inverter	Kapasitas AC (kWac)
S1	0,90	4 unit SUN2000-50KTL -M3	200
S2	1,00	3 unit SUN2000-60KTL-M0	180
S3	1,00	6 unit SUN2000-30KTL-M0	180
S4	1,20	3 unit SUN2000-50KTL- M3	150

Unit inverter pada S1 dan S4 merupakan model yang identik, yaitu Huawei SUN2000-50KTL dengan kapasitas nominal 50 kWac per unit. Perbedaan kapasitas AC total antara kedua skenario tersebut—200 kWac pada S1 dan 150 kWac pada S4—disebabkan oleh perbedaan jumlah unit yang terpasang, yaitu 4 unit pada S1 dan 3 unit pada S4, bukan oleh perbedaan spesifikasi teknis per-unit inverter.

Metode Evaluasi Kinerja Teknis

Kinerja teknis sistem dievaluasi menggunakan beberapa indikator yang diekstraksi dari laporan simulasi PVSyst. Performance Ratio (PR) dihitung sebagai rasio antara energi aktual yang dihasilkan terhadap energi ideal yang secara teoritis dapat dihasilkan oleh sistem. *Specific Yield* digunakan untuk menormalisasi hasil energi terhadap kapasitas terpasang, sehingga memungkinkan perbandingan kinerja antar skenario maupun dengan sistem PLTS lain yang memiliki kapasitas berbeda, dihitung dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100\% \quad (3)$$

$$\begin{aligned} E_{clip} &= E_{dc} - E_{ac} \\ E_{clip} (\%) &= \frac{E_{clip}}{E_{dc}} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

Selain itu, distribusi rugi-rugi energi pada setiap skenario dianalisis melalui Loss Diagram PVSyst, yang menggambarkan secara visual seluruh kehilangan energi mulai dari iradiasi di luar atmosfer hingga energi AC bersih yang terinjeksi ke jaringan, meliputi kerugian akibat suhu modul (*temperature loss*), *Incidence Angle Modifier* (IAM loss), kerugian *mismatch* antarmodul, kerugian kabel (ohmic loss), serta kerugian inverter akibat operasi dan pembatasan tegangan maksimum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

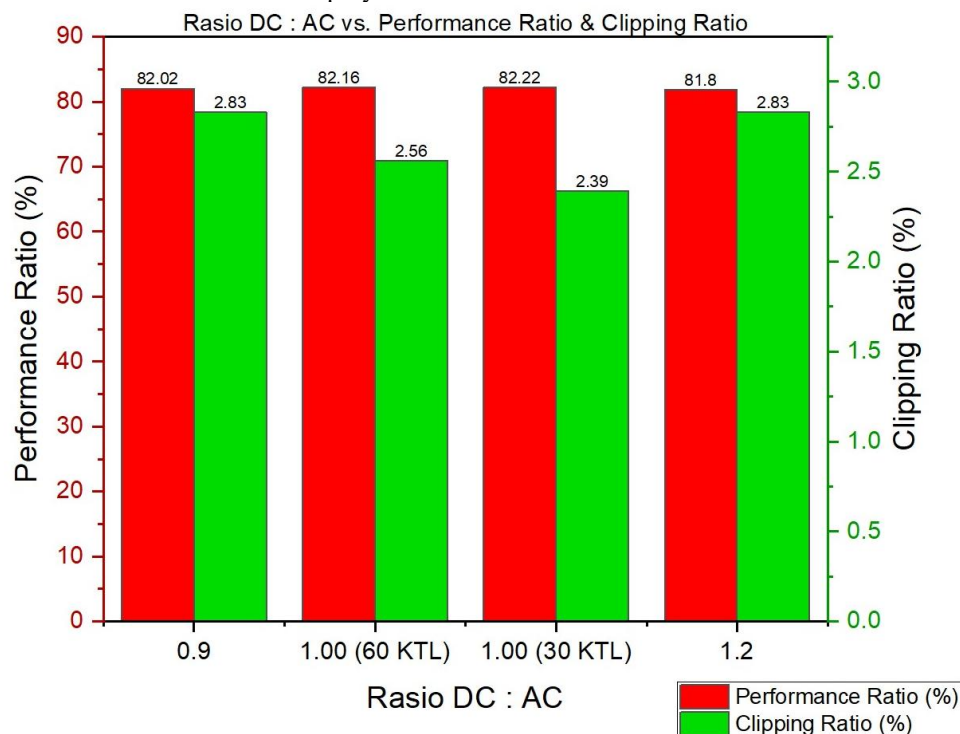
Analisis Kinerja Teknis

Tabel 3 menyajikan perbandingan kinerja teknis keempat skenario rasio DC/AC dari hasil simulasi PVSyst.

Tabel 3. Perbandingan kinerja teknis skenario rasio DC/AC

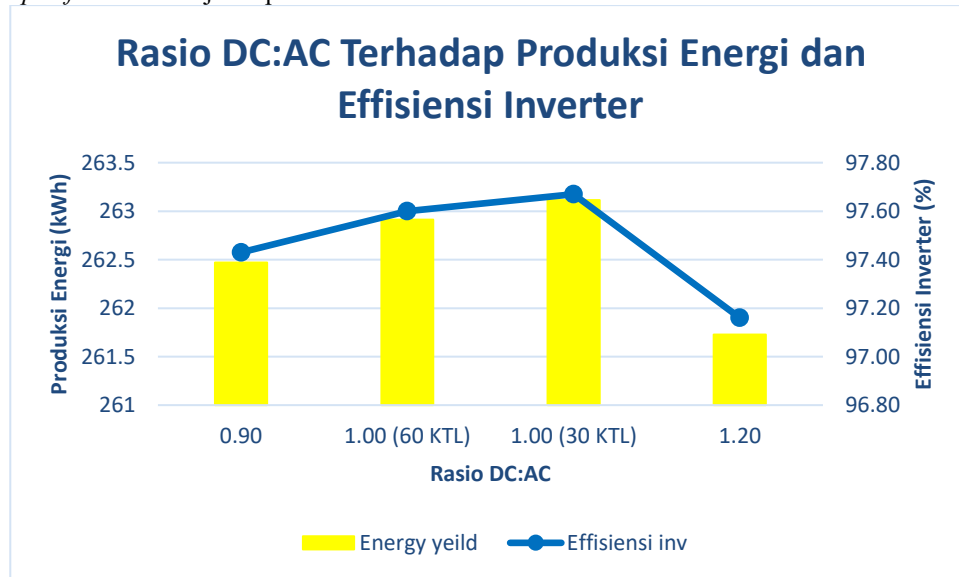
Parameter	S1 (0,90)	S2 (1,00, 60KTL)	S3 (1,00, 30KTL)	S4 (1,20)
Energy Yield (kWh/tahun)	262.471	262.913	263.115	261.729
Performance Ratio (%)	81,67	81,81	81,87	81,44
Efisiensi Inverter (%)	97,43	97,60	97,67	97,16
Clipping Losses (%)	2,83	2,56	2,39	2,83

Skenario S3 (DC/AC = 1,00, enam unit 30KTL) mencapai kinerja teknis terbaik di seluruh parameter dengan Energy Yield tertinggi sebesar 263.115 kWh/tahun dan *Specific Yield* tertinggi sebesar 1.469,9 kWh/kWp. Keunggulan S3 dibandingkan S2—meskipun keduanya memiliki kapasitas AC total yang sama sebesar 180 kWac—disebabkan oleh distribusi beban yang lebih merata pada enam unit inverter yang lebih kecil, sehingga mengurangi kemungkinan satu unit inverter mencapai batas *clipping* selama periode iradiasi puncak. S3 mencapai *clipping losses* terendah sebesar 2,32% dan PR tertinggi sebesar 82,22%, yang mempertegas hubungan berbanding terbalik antara clipping losses dan PR sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Selisih *Specific Yield* antara S3 dan S4 sebesar 7,7 kWh/kWp menunjukkan bahwa meskipun perbedaannya relatif kecil secara persentase, dampaknya signifikan ketika dikalikan dengan total kapasitas sistem dan diakumulasikan selama umur proyek.



Gambar 2. Rasio DC/AC terhadap Performance Ratio (PR) dan Clipping Losses.

Skenario S1 ($DC/AC = 0,90$) menunjukkan kinerja suboptimal akibat kapasitas inverter yang berlebih sehingga beroperasi di bawah titik beban optimalnya. Skenario S4 ($DC/AC = 1,20$) menghasilkan *Energy Yield* dan *Specific Yield* terendah akibat inverter yang lebih kecil dan lebih sering mengalami *clipping* pada iradiasi tinggi. Perbedaan *Energy Yield* antara S3 dan S4 mencapai 1.386 kWh/tahun, yang secara kumulatif merepresentasikan sekitar 34.650 kWh selama 25 tahun umur proyek. Hubungan rasio DC/AC terhadap *Energy Yield* dan *Specific Yield* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 1. Rasio DC/AC terhadap Energy Yield tahunan dan efisiensi inverter

Analisis Loss Diagram

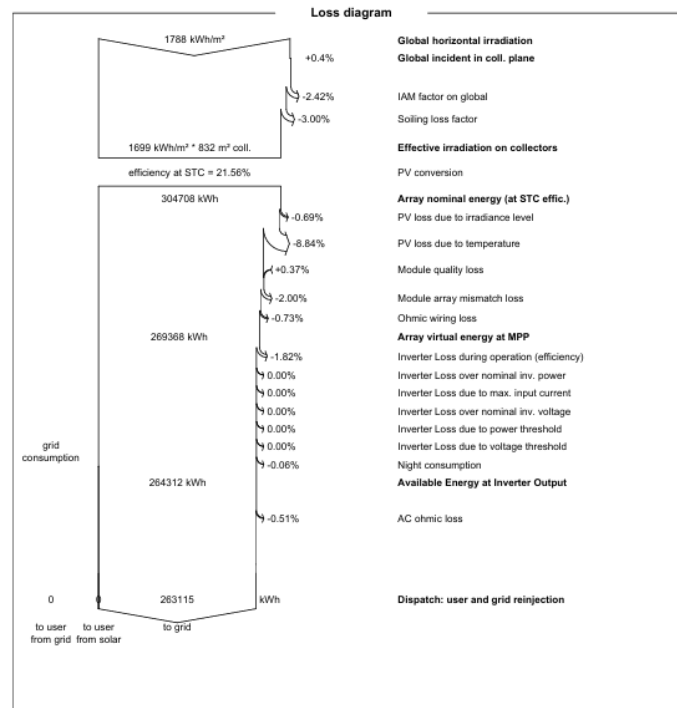
Hasil analisis *Loss Diagram* pada keempat skenario menunjukkan bahwa kerugian akibat suhu modul (*temperature loss*) sebesar -8,84%, kerugian irradiance sebesar -0,69%, dan kerugian kualitas modul sebesar 0,37% bernilai konsisten pada seluruh skenario karena ditentukan oleh kondisi iklim dan spesifikasi modul yang sama, bukan oleh konfigurasi inverter. Perbedaan signifikan antar skenario justru terletak pada kerugian akibat IAM (*Incidence Angle Modifier*), kerugian ohmic kabel, dan kerugian inverter selama operasi, sebagaimana dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan komponen *Loss Diagram* pada keempat skenario.

Komponen Kerugian	S1 (0,90)	S2 (60KTL)	S3 (30KTL)	S4 (1,20)
IAM Loss (%)	-2,42	-2,42	-2,42	-2,40
Temperature Loss (%)	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84
Mismatch Loss (%)	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00
Ohmic Wiring Loss (%)	0,73	0,73	0,51	0,73
Inverter Operation Loss (%)	-1,81	-1,49	-1,82	-1,84
Inverter Max. Voltage Loss (%)	0,0	0,0	0,0	0,0

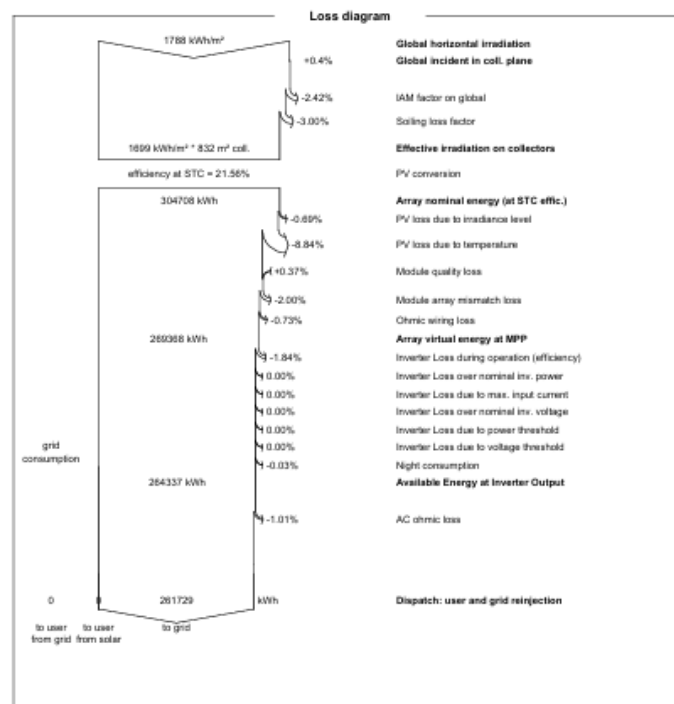
Kerugian ohmic wiring pada skenario S3 tercatat paling rendah sebesar 0,51%, lebih kecil dibandingkan ketiga skenario lainnya yang seragam sebesar 0,73%. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi enam unit inverter dengan jarak kabel yang lebih terdistribusi menghasilkan rugi resistansi kabel yang lebih kecil dibandingkan konfigurasi dengan jumlah unit inverter lebih sedikit. Sementara itu, kerugian inverter selama operasi pada S4 mencapai nilai tertinggi sebesar -1,84%, mengonfirmasi bahwa inverter berkapasitas lebih kecil pada rasio $DC/AC = 1,20$ mengalami pembebanan yang lebih berat dan lebih sering beroperasi mendekati

batas kapasitasnya dibandingkan skenario dengan rasio DC/AC = 1,00. Loss Diagram untuk skenario S3 dan S4 disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Loss Diagram PVSyst untuk Skenario S3 (DC/AC = 1,00, 6×30KTL).

Sebagaimana terlihat pada Gambar 4, total energi yang dihasilkan dari array sistem pada skenario S3 sebesar 269.368 kWh sebelum mengalami serangkaian rugi-rugi hingga akhirnya menghasilkan energi bersih ke jaringan (E_{grid}) sebesar 263.115 kWh/tahun. Proporsi kerugian terbesar pada skenario ini berasal dari temperature loss (-8,84%), diikuti oleh IAM loss (-2,42%) dan mismatch loss (-2,00%), sedangkan kerugian akibat inverter relatif kecil yaitu sebesar -1,82%.



Gambar 5. Loss Diagram PVSyst untuk Skenario S4 (DC/AC = 1,20).

Pada Gambar 5, skenario S4 menghasilkan energi bersih ke jaringan sebesar 261.729 kWh/tahun, lebih rendah dibandingkan S3, meskipun proporsi temperature loss, IAM loss, dan mismatch loss bernilai serupa.

Selisih utama terletak pada inverter operation loss yang lebih tinggi sebesar -1,84% akibat kapasitas inverter yang lebih kecil dibandingkan total kapasitas PV terpasang, sehingga inverter lebih sering mengalami pembatasan daya (clipping) pada saat iradiasi tinggi.

4. KESIMPULAN

Variasi rasio DC/AC terbukti berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter kinerja teknis sistem PLTS On-Grid. Skenario DC/AC = 1,00 dengan konfigurasi enam unit inverter Huawei SUN2000-30KTL-M0 menghasilkan kinerja teknis terbaik dengan Energy Yield 263.115 kWh/tahun, Specific Yield 1.469,9 kWh/kWp, PR 82,22%, efisiensi inverter 97,67%, dan clipping losses minimum sebesar 2,32%.

Distribusi beban yang lebih merata pada enam unit inverter berkapasitas kecil terbukti lebih efektif dalam meminimalkan clipping losses dan kerugian ohmic kabel dibandingkan konfigurasi dengan jumlah unit inverter lebih sedikit, meskipun total kapasitas AC kedua konfigurasi tersebut sama sebesar 180 kWac.

Analisis Loss Diagram menunjukkan bahwa kerugian akibat temperatur, IAM, dan mismatch bersifat konstan pada seluruh skenario karena ditentukan oleh kondisi iklim dan spesifikasi modul, sedangkan kerugian inverter selama operasi dan kerugian ohmic kabel bervariasi signifikan dipengaruhi oleh konfigurasi rasio DC/AC dan jumlah unit inverter yang digunakan.

Perbedaan kumulatif Energy Yield antara skenario terbaik (S3) dan terburuk (S4) mencapai sekitar 34.650 kWh selama 25 tahun, mempertegas bahwa optimasi rasio DC/AC dan pemilihan konfigurasi jumlah unit inverter merupakan faktor kritis dalam memaksimalkan kinerja teknis sistem PLTS On-Grid di iklim tropis.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Syntek Otomasi Indonesia atas dukungan teknis dan akses lokasi penelitian, serta kepada Ibu Tatun Hayatun Nufus, M.T. selaku dosen pembimbing yang berperan lebih dari sekedar pembimbing melainkan orang tua kedua di kampus atas bimbingan, masukan, dan arahan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] H. Khan, I. Khan, and T. T. Binh, "The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 859–867, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.egyr.2020.04.002.
- [2] H. Timotius, J. W. Simatupang, M. Andriani, P. Situmeang, I. Ramos Sm, and M. Fauzi, "ANALISIS POTENSI ENERGI MATAHARI MENJADI ENERGI LISTRIK DI INDONESIA: PROYEKSI DAN PERAMALAN KAPASITAS TERPASANG PLTS DENGAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING," Mar. 2023.
- [3] N. B. Alnavis, R. R. Wirawan, K. I. Solihah, and V. H. Nugroho, "Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia," *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, vol. 1, no. 2, Jan. 2024, doi: 10.61511/jimese.v1i2.2024.544.
- [4] H. I. Hazim, K. A. Baharin, C. K. Gan, A. H. Sabry, and A. J. Humaidi, "Review on Optimization Techniques of PV/Inverter Ratio for Grid-Tie PV Systems," Mar. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/app13053155.
- [5] M. F. Beyoğlu and M. Demirtaş, "Determination of Optimal DC/AC Ratio for Grid-connected Photovoltaic Systems," *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 19, no. 1, pp. 19–29, Mar. 2023, doi: 10.18466/cbayarfbe.1200284.
- [6] J. X. J. Jeremy Good, "Impact of inverter loading ratio on solar photovoltaic system performance," 2016, Accessed: Jan. 09, 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.134>
- [7] J. Väisänen, A. Kosonen, J. Ahola, T. Sallinen, and T. Hannula, "Optimal sizing ratio of a solar PV inverter for minimizing the levelized cost of electricity in Finnish irradiation conditions," *Solar Energy*, vol. 185, pp. 350–362, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.04.064.
- [8] D. Díaz-Bello, C. Vargas-Salgado, J. Águila-León, and F. Lara-Vargas, "Methodology to Estimate the Impact of the DC to AC Power Ratio, Azimuth, and Slope on Clipping Losses of Solar Photovoltaic Inverters: Application to a PV System Located in Valencia Spain," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15032797.

- [9] S. B. S. E. Thunchanok Kaewnukultron, "The impacts of DC/AC ratio, battery dispatch, and degradation on financial evaluation of bifacial PV+BESS systems," <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121402>, 2024.
- [10] E. İşin, "DETERMINATION OF OPTIMUM DC/AC RATIO FOR PV POWER PLANTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE Nurettin ÇETİNKAYA."