ANALISIS TINGKAT PEMANFAATAN PLTS *ON-GRID* PADA PROFIL BEBAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA BERDASARKAN PARAMETER SCR DAN SSR

[1]Danzel Chezarre L, [2]Stepanus, [3]Judo Ignatius Nempung
[1],[2],[3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo 2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta
[1]danzeltampilang@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atap pada bangunan gedung memerlukan analisis kesesuaian antara profil produksi energi surya dan pola konsumsi energi listrik agar pemanfaatannya berlangsung optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kesesuaian antara profil beban Gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia dengan produksi energi PLTS on-grid menggunakan parameter Self-consumption Ratio dan Self-Sufficiency Ratio. Data beban listrik diperoleh melalui pengukuran pada Low Voltage Main Distribution Panel selama enam hari kerja dengan interval satu menit menggunakan KEW 6315 Power Quality Analyzer, sedangkan data iradiasi matahari diperoleh dari NASA POWER Data Access Viewer. Berdasarkan luas atap efektif sebesar 386,29 m², ditetapkan dua skenario kapasitas PLTS, yaitu 77,258 kWp dan 38,629 kWp, yang dianalisis menggunakan MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan gedung memiliki Load Factor rata-rata 0,71 dengan mayoritas konsumsi energi berlangsung pada jam produksi PLTS. Skenario 1 menghasilkan SCR 54,60% dan SSR 94,24%, dengan energi ekspor yang sebesar 635,26 kWh sehingga pemanfaatan energi PLTS secara langsung kurang optimal. Skenario 2 menghasilkan SCR 88,45% dan SSR 76,34% dengan energi ekspor yang jauh lebih rendah sebesar 80,78 kWh. Penerapan strategi load shifting terbukti meningkatkan SCR dan SSR pada kedua skenario tanpa memerlukan sistem penyimpanan energi. Berdasarkan hasil tersebut, kapasitas sekitar 40 kWp atau sekitar 50% dari kapasitas maksimum atap direkomendasikan sebagai kapasitas PLTS yang paling sesuai untuk Gedung Fakultas Teknik UKI.

***Kata Kunci**: PLTS on-grid, load matching, Self-consumption Ratio, Self-Sufficiency Ratio, profil beban.*

Abstract

The implementation of rooftop photovoltaic systems in buildings requires an evaluation of the compatibility between solar energy generation and electricity demand to maximize energy utilization. This study analyzes the load matching between the electrical load profile of the Faculty of Engineering Building at Universitas Kristen Indonesia and the energy production of an on-grid PV system using the Self-consumption Ratio and Self-Sufficiency Ratio. Load data were collected from the Low Voltage Main Distribution Panel over six working days at one-minute intervals using a KEW 6315 Power Quality Analyzer, while solar irradiance data were obtained from the NASA POWER Data Access Viewer. Based on an effective rooftop area of 386.29 m², two PV capacity scenarios were evaluated: 77.258 kWp and 38.629 kWp, processed in MATLAB. The building exhibits an average Load Factor of 0.71, with most consumption occurring during PV generation hours. Scenario 1 achieved SCR of 54.60% and SSR of 94.24%, but with substantial exported energy of 635.26 kWh. Scenario 2 achieved a more balanced SCR of 88.45% and SSR of 76.34%, with far lower exported energy of 80.78 kWh. A load-shifting strategy improved both SCR and SSR in both scenarios without battery storage. A PV capacity of approximately 40 kWp, about 50% of the maximum rooftop capacity, is recommended as the most suitable capacity for the building.

***Keywords**: on-grid PV system, load matching, Self-consumption Ratio, Self-Sufficiency Ratio, load profile.*

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah menetapkan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025, namun capaian bauran EBT hingga tahun 2024 baru berkisar 13,1% [1]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2025–2034 bahkan menunjukkan ketergantungan pada batubara dan gas yang terus berlanjut, dengan target energi terbarukan yang lebih rendah dibanding komitmen JETP [2]. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar dengan iradiasi rata-rata 4,8 kWh/m²/hari, sementara realisasi PLTS nasional masih jauh di bawah potensinya.

Berbagai penelitian tentang PLTS atap pada gedung pendidikan tinggi telah dilakukan di Indonesia. Marchianggawa dan Nikorenzi [3] merancang PLTS *on-grid* di Universitas Katolik Parahyangan namun hanya membahas aspek teknis dan finansial. Giovanni dan Tua [4] mengkaji kelayakan PLTS atap dan carport pada gedung sekolah menggunakan Helioscope tanpa berfokus pada profil pemakaian listrik. Suparman dkk. [5] menganalisis kontribusi PLTS atap *on-grid* sebesar 19,7% terhadap kebutuhan listrik gedung kuliah terpadu dalam rentang tahunan. Fadliondi dan Ferdinata [6] mengkaji kelayakan PLTS atap 65,3 kWp di sebuah SMK melalui perhitungan NPV, IRR, BCR, dan Payback Period, tanpa analisis SCR maupun SSR.

Penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada perancangan teknis, simulasi produksi energi, dan kelayakan ekonomi, namun belum secara spesifik menganalisis sejauh mana profil produksi PLTS sesuai dengan profil beban listrik gedung. Padahal, efektivitas PLTS *on-grid* atap sangat ditentukan oleh tingkat *load matching* antara waktu produksi energi dan pola konsumsi beban. Ketidaksesuaian ini dapat mengakibatkan surplus energi yang harus diekspor ke jaringan PLN, atau defisit energi yang tetap harus dipasok dari PLN. Revisi regulasi PLTS atap melalui Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024 [7] turut mengubah skema *net-metering* menjadi sistem kuota, yang dinilai menurunkan keekonomian PLTS atap [8].

Gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI) memiliki karakteristik beban yang unik karena kombinasi fungsi ruang perkuliahan, laboratorium, dan administrasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik profil beban listrik gedung, menghitung potensi PLTS atap berdasarkan luas atap efektif, serta menganalisis tingkat *load matching* antara profil beban dan produksi PLTS pada dua skenario kapasitas menggunakan parameter SCR dan SSR, termasuk evaluasi periode surplus dan defisit energi pada masing-masing skenario.

KERANGKA TEORI

Profil Beban dan Faktor Beban

Profil beban listrik merupakan representasi variasi kebutuhan daya terhadap waktu [9]. Pada gedung pendidikan tinggi, pola konsumsi dipengaruhi oleh jadwal akademik, laboratorium, dan beban pendingin ruangan, umumnya menghasilkan kurva beban unimodal dengan puncak pada tengah hari [10]. *Load Factor* menyatakan perbandingan antara beban rata-rata dan beban puncak sebagaimana Persamaan (1).

$$LF = \frac{p_{rata-rata}}{p_{maksimum}} \quad ...(1)$$

Sistem PLTS *On-Grid* dan Model Daya Keluaran PV

PLTS *on-grid* adalah sistem pembangkit yang terhubung paralel dengan jaringan PLN tanpa baterai, sehingga energi yang dihasilkan panel surya langsung dikonsumsi oleh beban, dan kelebihannya diekspor ke jaringan [11]. Inverter *on-grid* menyinkronkan keluaran AC dengan tegangan, frekuensi, dan fasa jaringan melalui titik sambung bersama, serta dilengkapi fitur *anti-islanding* untuk memutus koneksi ketika jaringan PLN padam [12]. Daya keluaran sistem PV dapat diperkirakan menggunakan model berbasis iradiasi sebagaimana Persamaan (2):

$$P_{PV} = Prated \times \left(\frac{G}{G_{STC}}\right) \times PR \ldots(2)$$

dengan PPV adalah daya keluaran sistem PV, Prated adalah kapasitas terpasang, G adalah iradiasi aktual, GSTC adalah iradiasi standar (1000 W/m²), dan PR adalah *Performance Ratio* yang merepresentasikan kehilangan energi pada inverter, temperatur modul, dan faktor lingkungan lainnya [13], [14].

Load matching, SCR, dan SSR

Load matching menggambarkan sejauh mana produksi energi PLTS bertepatan dengan waktu konsumsi beban [15]. Dua parameter utama yang digunakan untuk mengevaluasi *load matching* adalah *Self-consumption Ratio* (SCR) dan *Self-Sufficiency Ratio* (SSR) [16], dinyatakan pada Persamaan (3) dan (4):

$$SCR = \frac{E_{self}}{E_{PV}} \ldots(3)$$

$$SSR = \frac{E_{self}}{E_{load}} \ldots(4)$$

SCR tinggi dengan SSR rendah mengindikasikan PLTS berukuran terlalu kecil relatif terhadap beban (*undersized*), sedangkan SCR rendah dengan SSR tinggi mengindikasikan PLTS *oversized*. Untuk menginterpretasikan hubungan keduanya secara kuantitatif, digunakan skema klasifikasi rasio ρ = SSR/SCR [17], yang membagi kondisi kesesuaian sistem PV–beban menjadi empat tipe: Tipe 1 ($0 \leq \rho < 0{,}4$) PLTS *undersized*; Tipe 2 ($0{,}4 \leq \rho < 0{,}7$) mendekati keseimbangan; Tipe 3 ($0{,}7 \leq \rho < 1{,}0$) keseimbangan SCR–SSR relatif optimal; dan Tipe 4 ($\rho \geq 1{,}0$) PLTS *oversized* dengan porsi ekspor besar.

Kapasitas Maksimum PLTS Berdasarkan Luas Atap

Kapasitas maksimum teoritis PLTS pada suatu atap gedung dihitung berdasarkan luas atap efektif dan densitas daya panel surya, sebagaimana Persamaan (5):

$$Pmaks = A_{atap} \times D_{panel} \ldots(5)$$

dengan Pmaks adalah kapasitas maksimum PLTS (kWp), Aatap adalah luas atap efektif (m²), dan Dpanel adalah densitas daya panel surya (kWp/m²), yang diasumsikan sebesar 0,20 kWp/m² berdasarkan spesifikasi panel komersial [18].

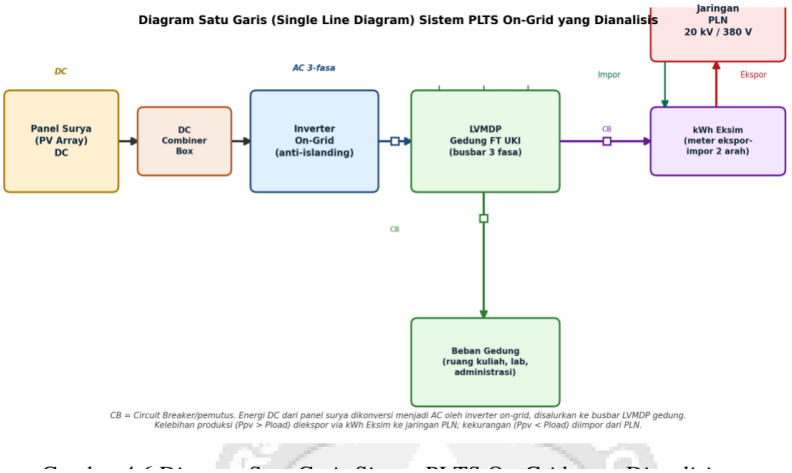
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analitis dan simulatif, berfokus pada analisis kesesuaian energi secara temporal tanpa mencakup perancangan detail fisik sistem PLTS. Penelitian dilaksanakan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Cawang, Jakarta Timur.

Data beban listrik diperoleh dari pengukuran pada Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) gedung menggunakan KEW 6315 Power Quality Analyzer, selama enam hari kerja (13, 18, 19, 20, 21, dan 22 Mei 2026) dengan interval satu

menit pada pukul 08.00–17.00 WIB. Data iradiasi matahari diperoleh dari *NASA POWER Data Access Viewer* [19] dengan parameter *Global Horizontal Irradiance* interval satu jam, menggunakan data historis tahun sebelumnya untuk periode dan lokasi yang sama; pendekatan ini dapat dibenarkan karena karakteristik iradiasi di wilayah khatulistiwa relatif stabil secara tahunan. Data luas atap efektif diperoleh melalui estimasi menggunakan Google Earth Pro.

Gambar 1 menunjukkan diagram satu garis sistem PLTS *on-grid* yang dianalisis. Energi DC yang dihasilkan larik panel surya dikumpulkan melalui *combiner box* sebelum dikonversi menjadi energi AC oleh inverter *on-grid* yang dilengkapi fitur *anti-islanding*. Keluaran AC inverter disalurkan menuju busbar LVMDP gedung, yaitu titik sambung yang sama dengan lokasi pengambilan data beban. Dari LVMDP, energi PLTS didistribusikan langsung ke beban gedung apabila produksi PV melebihi kebutuhan beban pada waktu tersebut, dan kelebihan energi mengalir melalui kWh Eksim menuju jaringan PLN; sebaliknya, kekurangan energi dipasok dari jaringan PLN melalui jalur yang sama. Konfigurasi inilah yang menjadi dasar perhitungan Eself, Eexport, dan Eimport pada seluruh skenario simulasi.



Gambar 1. Diagram Satu Garis Sistem PLTS *On-Grid* yang Dianalisis

Berdasarkan kapasitas maksimum teoritis yang dihitung dari luas atap, ditetapkan dua skenario simulasi: Skenario 1 sebesar 100% dari kapasitas maksimum dan Skenario 2 sebesar 50% dari kapasitas maksimum. Sebagai perluasan analisis, dievaluasi pula pengaruh strategi *demand-side management* berupa *load shifting*, dengan asumsi 15% beban pada jam 08.00 dan 16.00 WIB (dua jam dengan iradiasi rata-rata terendah pada jendela analisis) dialihkan secara proporsional menuju jam 11.00 dan 12.00 WIB (dua jam dengan iradiasi rata-rata tertinggi), dengan total energi beban harian tetap konstan.

Pengolahan data dilakukan menggunakan MATLAB melalui tahapan: impor data iradiasi dan beban, perhitungan daya keluaran PV berdasarkan Persamaan (2), perhitungan energi *self-consumption* sebagai nilai minimum antara daya PV dan daya beban pada setiap interval waktu, serta perhitungan SCR dan SSR berdasarkan Persamaan (3) dan (4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi dan Parameter Model PV

Tabel 1 menunjukkan parameter lokasi dan model keluaran daya PV yang digunakan pada penelitian ini.

Parameter	Nilai
Lokasi	Gedung FT UKI
Koordinat	-6,2485 ; 106,8728
Luas atap efektif	386,29 m²
Densitas daya panel	0,20 kWp/m²
Performance Ratio (PR)	0,80
GSTC	1000 W/m²

Tabel 1. Parameter Lokasi dan Model Keluaran Daya PV

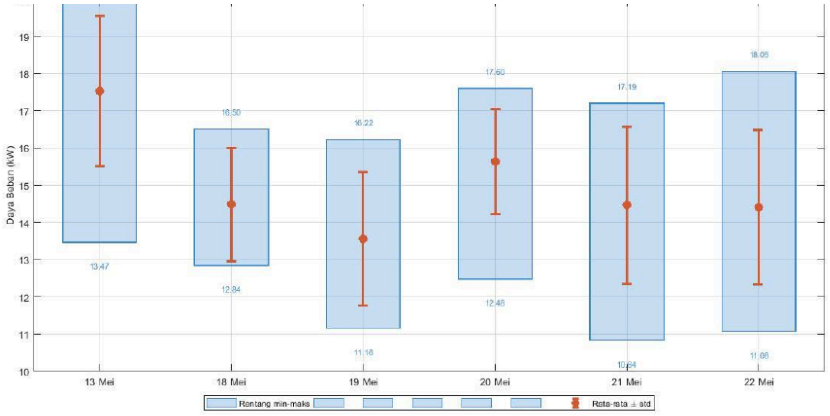
Profil Beban dan Faktor Beban

Pengukuran pada LVMDP menghasilkan beban puncak antar hari yang berkisar antara 16,222 kW hingga 19,904 kW pada resolusi per jam, dengan *Load Factor* per hari ditunjukkan pada Tabel 2.

Hari	Ppeak (kW)	Pavg (kW)	LF
13 Mei	22,950	17,269	0,75
18 Mei	18,953	14,435	0,76
19 Mei	18,253	13,257	0,72
20 Mei	18,864	15,637	0,82
21 Mei	19,054	11,383	0,54
22 Mei	21,068	14,402	0,68

Tabel 2. Beban Puncak, Beban Rata-rata, dan *Load Factor* per Hari Pengukuran

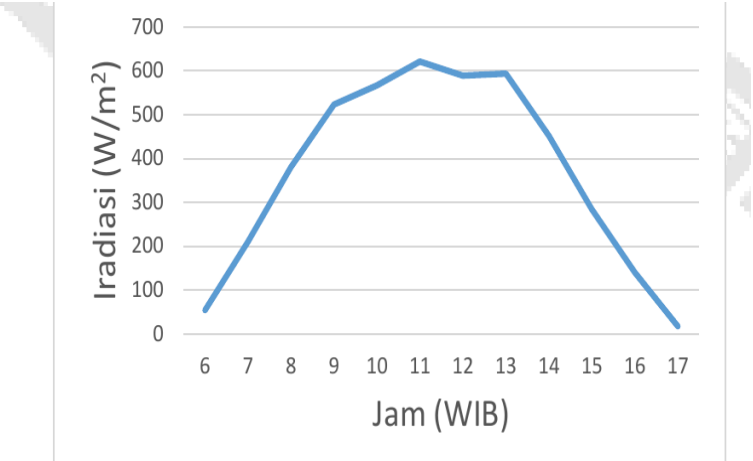
Nilai LF berkisar antara 0,54 hingga 0,82 dengan rata-rata 0,71, mengindikasikan pola konsumsi yang relatif stabil selama jam operasional. Gambar 2 menunjukkan statistik beban per jam (rentang minimum–maksimum dan rata-rata ± deviasi standar) pada setiap hari pengukuran.



Gambar 2. Statistik Beban per Jam pada Hari Pengukuran

Profil Iradiasi dan Kapasitas Maksimum PLTS

Data iradiasi matahari pada rentang jam analisis menunjukkan pola unimodal dengan puncak pada tengah hari. Gambar 3 menunjukkan profil iradiasi pada tanggal 13 Mei, yang mewakili karakteristik umum profil iradiasi pada hari-hari pengukuran lainnya.

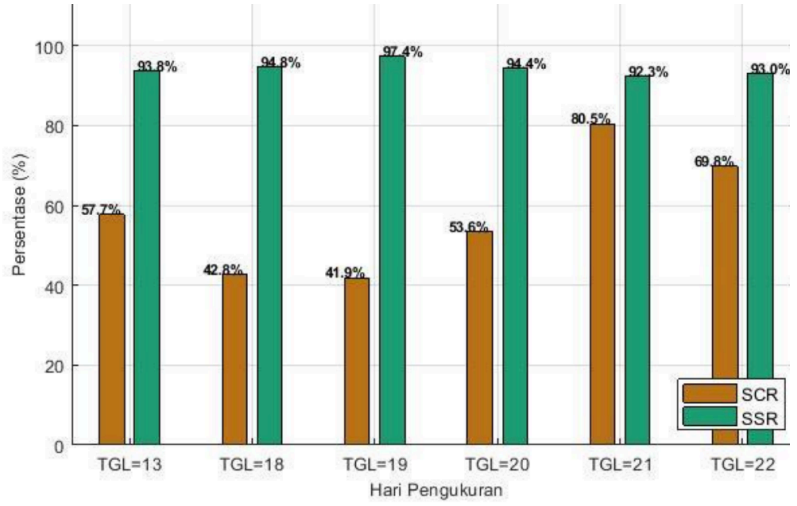


Gambar 3. Profil Iradiasi Matahari pada Tanggal 13 Mei (Data *NASA POWER*)

Berdasarkan luas atap efektif 386,29 m² dan densitas daya panel 0,20 kWp/m², diperoleh kapasitas maksimum teoritis Pmaks = 386,29 × 0,20 = 77,258 kWp. Nilai ini digunakan sebagai Skenario 1, sedangkan Skenario 2 ditetapkan sebesar 50% dari nilai tersebut, yaitu 38,629 kWp.

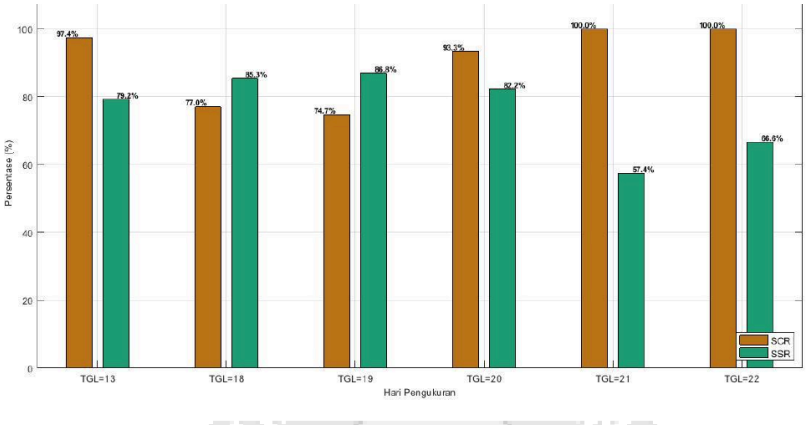
Hasil Skenario 1 dan Skenario 2

Simulasi MATLAB pada Skenario 1 (77,258 kWp) menghasilkan total energi PV 1.399,24 kWh, energi *self-consumption* 763,98 kWh, energi ekspor 635,26 kWh, dan energi impor 46,66 kWh, dengan SCR rata-rata 54,60% dan SSR rata-rata 94,24%. Gambar 4 menunjukkan variasi harian SCR dan SSR pada Skenario 1. Nilai SSR yang sangat tinggi menunjukkan hampir seluruh kebutuhan beban gedung terpenuhi oleh PLTS, namun SCR yang hanya sekitar separuh mengindikasikan fenomena oversizing relatif terhadap profil beban, dengan 45,40% dari total produksi diekspor tanpa kompensasi setara pasca-Permen ESDM No. 2 Tahun 2024.



Gambar 4. SCR dan SSR Skenario 1 per Hari Pengukuran

Pada Skenario 2 (38,629 kWp), total energi PV yang dihasilkan sebesar 699,62 kWh, energi *self-consumption* 618,85 kWh, energi ekspor hanya 80,78 kWh, dan energi impor 191,79 kWh, dengan SCR rata-rata 88,45% dan SSR rata-rata 76,34%. Gambar 5 menunjukkan variasi harian SCR dan SSR pada Skenario 2. Pada dua dari enam hari pengukuran, tidak terjadi ekspor energi sama sekali (SCR mencapai 100%) karena daya PV berada di bawah daya beban sepanjang waktu operasional. Tabel 3 merangkum perbandingan kedua skenario.



Gambar 5. SCR dan SSR Skenario 2 per Hari Pengukuran

Parameter	Skenario 1	Skenario 2	Satuan
Total Energi PV	1.399,24	699,62	kWh
Total Energi Beban	810,64	810,64	kWh
Energi *Self-consumption*	763,98	618,85	kWh
Energi Ekspor ke Grid	635,26	80,78	kWh
Energi Impor dari Grid	46,66	191,79	kWh
SCR	54,60	88,45	%
SSR	94,24	76,34	%

Tabel 3. Perbandingan Parameter Kedua Skenario PLTS

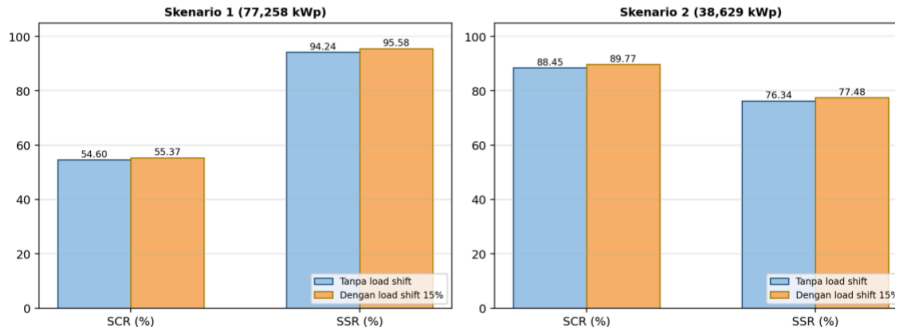
Perbandingan kedua skenario memperlihatkan *trade-off* yang inheren pada perancangan PLTS *on-grid*: peningkatan kapasitas meningkatkan SSR namun menurunkan SCR, konsisten dengan prinsip dasar *load matching* [20]. Merujuk pada klasifikasi rasio ρ = SSR/SCR, Skenario 1 menghasilkan ρ = 94,24/54,60 = 1,73 (Tipe 4, *oversized*), sedangkan Skenario 2 menghasilkan ρ = 76,34/88,45 = 0,86 (Tipe 3, keseimbangan relatif optimal). Interpretasi ini memperkuat kesimpulan bahwa kapasitas di kisaran 50% dari kapasitas maksimum atap memberikan keseimbangan teknis yang lebih baik, khususnya dalam konteks regulasi Permen ESDM No. 2 Tahun 2024 yang tidak lagi memberi kompensasi setara terhadap energi ekspor.

Pengaruh *Load shift*

Tabel 4 dan Gambar 6 merangkum pengaruh penerapan strategi *load shifting* terhadap SCR dan SSR pada kedua skenario.

Parameter	S1 tanpa shift	S1 dengan shift	S2 tanpa shift	S2 dengan shift
Energi Ekspor (kWh)	635,26	624,47	80,78	71,56
Energi Impor (kWh)	46,66	35,86	191,79	182,58
SCR (%)	54,60	55,37	88,45	89,77
SSR (%)	94,24	95,58	76,34	77,48

Tabel 4. Perbandingan Skenario Sebelum dan Sesudah *Load shift*



Gambar 6. Perbandingan SCR dan SSR Sebelum vs Sesudah *Load shift* pada Kedua Skenario

Penerapan *load shift* meningkatkan SCR sebesar 0,77 poin persentase dan SSR sebesar 1,34 poin persentase pada Skenario 1, serta meningkatkan SCR sebesar 1,32 poin persentase dan SSR sebesar 1,14 poin persentase pada Skenario 2. Pada kedua skenario, energi ekspor dan energi impor sama-sama menurun karena pergeseran beban meningkatkan porsi *overlap* antara profil produksi PV dan profil konsumsi. Meskipun peningkatan absolut relatif moderat pada asumsi pergeseran 15%, hasil ini menunjukkan bahwa *load shifting* merupakan langkah pelengkap yang relevan untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan PLTS *on-grid* tanpa memerlukan investasi tambahan pada penyimpanan energi.

Usulan Kapasitas PLTS

Berdasarkan keseluruhan hasil *load matching*, penelitian ini mengusulkan kapasitas PLTS sebesar 40 kWp, menggunakan 80 unit panel surya monokristalin 500 Wp yang disusun dalam 8 string berisi 10 panel, disalurkan melalui 2 unit DC *combiner box* menuju 2 unit inverter *on-grid* 3-fasa berkapasitas 20 kW. Kebutuhan area untuk konfigurasi ini sekitar 200 m², atau sekitar 51,8% dari luas atap efektif 386,29 m², sehingga secara teknis layak diimplementasikan sekaligus menyisakan ruang untuk akses perawatan dan potensi ekspansi.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: (1) profil beban Gedung Fakultas Teknik UKI menunjukkan karakteristik beban siang hari yang konsisten dengan *Load Factor* rata-rata 0,71, selaras secara temporal dengan jam produksi PLTS; (2) potensi PLTS berdasarkan luas atap efektif 386,29 m² menghasilkan kapasitas maksimum teoritis 77,258 kWp; (3) Skenario 1 (77,258 kWp) menghasilkan SCR 54,60% dan SSR 94,24% (Tipe 4, *oversized*), sedangkan Skenario 2 (38,629 kWp) menghasilkan SCR 88,45% dan SSR 76,34% (Tipe 3, keseimbangan relatif optimal); dan (4) energi ekspor pada Skenario 1 mencapai 635,26 kWh (45,40% dari produksi), jauh lebih besar dibanding Skenario 2 sebesar 80,78 kWh, sehingga dalam konteks Permen ESDM No. 2 Tahun 2024, kapasitas sekitar 50% dari kapasitas maksimum atap (≈40 kWp) menunjukkan keseimbangan yang lebih optimal antara pemanfaatan energi langsung, kemandirian energi, dan kepatuhan regulasi.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melengkapi analisis ini dengan evaluasi kelayakan finansial (NPV, IRR, Payback Period) pasca-perubahan skema *net-metering*, mengkaji potensi penambahan sistem penyimpanan energi untuk meningkatkan SCR tanpa menurunkan SSR, menggunakan model daya keluaran PV yang lebih komprehensif (efek temperatur, degradasi tahunan, dan bayangan bangunan sekitar), serta memvalidasi asumsi persentase *load shifting* melalui studi lapangan terhadap beban yang benar-benar dapat dijadwalkan ulang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Nanang, “Media Alkhairaat,” December 2024. [Online]. Available: https://media.alkhairaat.id/iesr-kebijakan-politik-dan-ekonomi-semakin-jauhkan-harapan-energi-terbarukan/. [Accessed February 2026].

[2] K. Hasan, L. Myllyvirta and CREA, 12 June 2025. [Online]. Available: https://energyandcleanair.org/publication/indonesias-ruptl-outlines-faster-growth-in-fossil-fuel-use-downgrades-ambition-for-clean-energy/. [Accessed 28 February 2026].

[3] Marchianggawa and Nikorenzi, “Analisis potensi energi surya, perancangan, dan pengkajian interkoneksi PLTS On Grid pada atap gedung di UNPAR,” *UNPAR*, p. 1, 2025.

[4] Giovanni and G. Tua, “Studi Kelayakan Perbandingan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Dan Carport On-Grid Pada Bangunan Gedung Pendidikan SMP-SMA Yadika 10 Kosambi Tangerang,” *ITERA*, p. 1, 2025.

[5] Suparman, M. N. Rahman, F. Syamsudin and D. H. Rumalean, “Analysis of the Contribution of On-grid PLTS,” *Protek:*

Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 13, no. 1, pp. 1–2, 2026.

[6] Fadliondi and D. A. Ferdinata, "Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap," *RESISTOR*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2025.

[7] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum, 2024.

[8] K. Hasjanah and U. Simanjuntak, "IESR," 23 February 2024. [Online]. Available: https://iesr.or.id/en/memr-regulation-no-2-2024-limits-public-participation-to-support-energy-transition-through-rooftop-solar-pv/. [Accessed 28 February 2026].

[9] J. A. Martinez and J. Martin-Arnedo, "Load modeling for power system studies," *IEEE Power & Energy Society General Meeting*, pp. 1–5, 2015.

[10] M. A. R. Lopes and A. T. de Almeida, "Energy efficiency and load management in educational buildings," *International Journal of Sustainable Energy*, vol. 37, no. 3, pp. 234–248, 2018.

[11] M. A. Eltawil and Z. Zhao, "Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 112–129, Jan. 2010.

[12] F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, and A. V. Timbus, "Overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, no. 5, pp. 1398–1409, Oct. 2006.

[13] B. Shadid, *Solar Photovoltaics for Design Engineers*, eCampusOntario, 2023. [Online]. Available: https://ecampusontario.pressbooks.pub/solarpv/. [Accessed 3 July 2026].

[14] M. A. Green, E. D. Dunlop, J. Hohl-Ebinger, M. Yoshita, N. Kopidakis, and X. Hao, "Solar cell efficiency tables (version 59)," *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 30, no. 1, pp. 3–7, Jan. 2022.

[15] J. Widén, M. Lundh, I. Vassileva, E. Dahlquist, K. Ellegård, and E. Wäckelgård, "Constructing load profiles for household electricity and hot water from time-use data—Modelling approach and validation," *Energy and Buildings*, vol. 41, no. 7, pp. 753–768, Jul. 2009.

[16] R. Luthander, J. Widén, D. Nilsson, and J. Palm, "Photovoltaic self-consumption in buildings: A review," *Applied Energy*, vol. 142, pp. 80–94, Mar. 2015.

[17] J. W. Heo, R. Jurdak, and S. Khalifa, "Optimal Operating Strategy for PV-BESS Households: Balancing Self-Consumption and Self-Sufficiency," *arXiv preprint*, 2025.

[18] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3rd ed., Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

[19] NASA, "Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)," 2024. [Online]. Available: https://power.larc.nasa.gov/. [Accessed 28 February 2026].

[20] J. Salom, J. Widén, J. Candanedo, and I. Sartori, "Understanding net zero energy

buildings: Evaluation of load matching and grid interaction indicators," in *Proc. Building Simulation*, Sydney, Australia, 2011.