

Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-grid* Sebagai Suplai Daya Listrik Perpustakaan Universitas Pamulang

Planning for an Off-grid Solar Power Generation System as a Power Supply for the Universitas Pamulang Library

Deni Herliyanso¹, Ojak Abdul Rozak²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jl. Puspitek Raya No.10, Serpong, Tangerang selatan, Banten 15310

Email: dosen01314@unpam.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi yang begitu tinggi pada suatu gedung pendidikan saat ini bersumber dari perusahaan listrik negara (PLN) dengan sumber bahan bakar fosil berdampak terhadap meningkatnya biaya listrik. Sehingga perlu dikembangkan teknologi energi terbarukan untuk mengurangi beban listrik. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid* sebagai solusi dalam menekan biaya listrik serta mengurangi polusi dengan menerapkan PLTS *off-grid* sebagai sumber utama perpustakaan Universitas Pamulang. Metode desain teknik menggunakan simulasi *PVSyst*, perhitungan ekonomi dengan *Homer* serta menganalisa aliran daya menggunakan *ETAP*. Simulasi *PVSyst* menghasilkan energi 4,045.2 kWh/tahun dengan *performance ratio* 111.5%, simulasi *Homer* mendapatkan nilai NPV Rp. 5,615,443,996 COE Rp. 2,316.83/kWh, B-CR 39,25, LCC Rp. 639,942,945, CRF 0.0837 dan simulasi aliran daya pada *ETAP* didapatkan daya 3 kVA dengan arus sebesar 6.9 A. Dari ketiga hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa PLTS *Off-grid* layak untuk implementasikan karena secara teknis sistem dapat memenuhi kebutuhan daya beban dan secara ekonomi memenuhi nilai dari NPV dan BCR.

Kata kunci: PLTS *Off-grid*, *PVSyst*, *Homer*, *ETAP*

ABSTRACT

The high demand for energy in an educational building is currently sourced from the state electricity company (PLN) with fossil fuel sources which have an impact on increasing electricity costs. So it is necessary to develop renewable energy technology to reduce the electricity load. Planning for Off-grid Solar Power Plants (PLTS) as a solution to reduce electricity costs and reduce pollution by implementing off-grid PLTS as the main source of the Universitas Pamulang library. The engineering design method uses PVSyst simulation, economic calculations with Homer and analyzes power flow using ETAP. The PVSyst simulation produces 4,045.2 kWh/year of energy with a performance ratio of 111.5%, the Homer simulation gets an NPV value of Rp. 5,615,443,996 COE Rp. 2,316.83/kWh, B-CR 39.25, LCC Rp. 639,942,945, CRF 0.0837 and power flow simulation at ETAP obtained a power of 3 kVA with a current of 6.9 A. From these three results it can be stated that Off-grid PLTS is feasible to implement because technically the system can meet the load power requirements and economically fulfill the value of the NPV and BCR.

Keywords: PLTS *Off-grid*, *PVSyst*, *Homer*, *ETAP*

1. PENDAHULUAN

Kepentingan suatu energi pada Gedung Pendidikan menjadi sumber utama kelangsungan semua kegiatan pada gedung menggunakan energi yang besar setiap harinya, dengan itu untuk memenuhi kebutuhan tersebut dimanfaatkan energi terbarukan seperti energi surya [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut dan mengurangi beban listrik PLN yang tinggi, perlu dikembangkan teknologi energi baru terbarukan yang ramah lingkungan [2]. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-grid* adalah

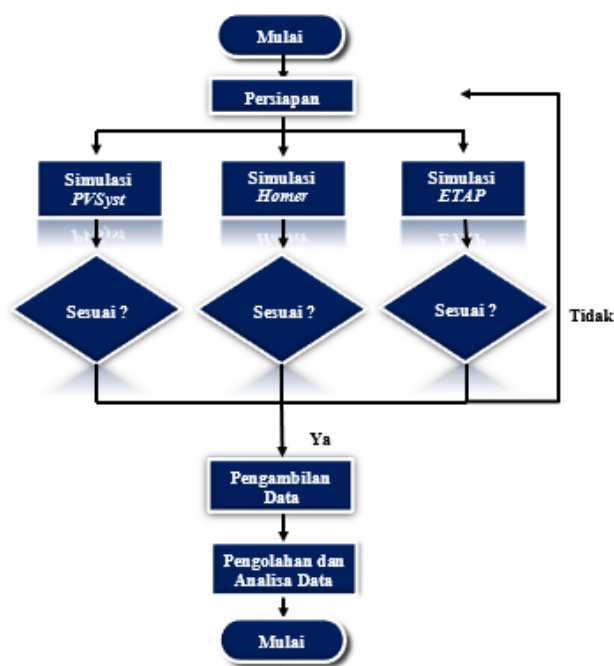
Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

salah satu solusi desain sistem yang berdampak terhadap penghematan biaya listrik pada saat diimplementasikan pada gedung pendidikan dengan menggunakan PLTS sebagai sumber utama [3] Sinar matahari yang potensinya sangat melimpah di Indonesia sepanjang tahun dengan potensi radiasi sinar matahari dengan rata-rata 4.8 kWh/m²/hari [4].

Untuk saat ini pembangunan PLTS *off-grid* memerlukan biaya pemasangan yang mahal. Maka, diperlukan perhitungan ekonomi yang meliputi besarnya investasi awal yang harus dipersiapkan untuk mengetahui layak atau tidak pembangunan pembangkit listrik tenaga surya tersebut melalui simulasi [5]. Berkaitan dengan kajian terdahulu mengenai desain teknik, perhitungan ekonomi dan analisa aliran daya PLTS sudah ada beberapa kajian yang telah dilakukan, diantaranya melakukan analisa ekonomi perencanaan PLTS di departemen teknik elektro Universitas Diponegoro menggunakan *software Homer* dan *PVSyst* [6], melakukan perhitungan finansial dan analisa aliran daya menggunakan *software PVSyst* dan *ETAP* [7], melakukan peningkatan kinerja *microgrid* bangunan kampus dengan simulasi multi skenario dan analisis sensitivitas menggunakan *software PVSyst* dengan dua metode [8], melakukan perancangan sistem pembangkit hibrida untuk beban komunal dan kantor di desa leiting provinsi maluku menggunakan *software Homer Pro* dan *PVSyst* [9], melakukan simulasi energi dan ekonomi sistem PLTS pada bangunan di lingkungan kampus ITB menggunakan *software Homer* dan *PVSyst* [10].

Adapun metode yang digunakan untuk menganalisa desain teknik menggunakan perangkat lunak *PVSyst 7.3*, melakukan perhitungan ekonomi dengan mencari nilai *Net Present Value (NPV)*, *cost of energy (COE)*, *Benefit–Cost Ratio (B-CR)*, *Life cycle costing LCC*, dan *capital recovery factor (CRF)* menggunakan perangkat lunak *Homer Pro x64* serta melakukan analisa aliran daya (*load flow*) menggunakan perangkat lunak *ETAP 12.6.0*.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

Pada Gambar 1. diagram alir sebagai langkah-langkah dalam melakukan penelitian perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya pada Universitas Pamulang. Pada penelitian ini menggunakan tiga *software PVSyst*, *Homer* dan *ETAP* untuk memenuhi beban sebesar 2.7 kWp dimana *software PVSyst* digunakan untuk desain dan evaluasi sistem PLTS dengan data *input* kapasitas PV, baterai, *solar control charge*, inverter, data cuaca dan data beban. *software Homer* digunakan untuk mencari nilai ekonomi yang akan menjadi pertimbangan kelayakan dengan data *input* kapasitas komponen, data beban, modal awal, biaya perawatan dan nilai diskonto di Indonesia dan *Software ETAP* digunakan untuk menganalisa aliran daya dengan data *input* kapasitas dan jumlah komponen, data beban dan ukuran kabel.

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

A. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan untuk mengambil data pada lokasi penelitian gedung C Universitas Pamulang Viktor Kota Tangerang Selatan, Banten, dengan koordinat lokasi (6°20'42.4"S 106°41'29.7"E). Pada area penelitian ini memiliki potensi radiasi sinar matahari dan kecepatan angin yang cukup baik untuk membangkitkan energi listrik tenaga surya [11]. Titik lokasi pengambilan data diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data beban yang digunakan pada gedung perpustakaan Universitas Pamulang Gedung C yang nantinya daya akan disuplai dari PLTS sebesar 2.7 kWp atau setara dengan 2,700 Watt. Data beban yang digunakan dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Beban

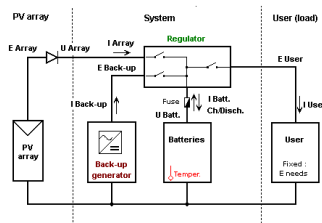
Nama Alat	Daya (W)	Lamanya (Jam/hari)
Lampu LED	650	8
Lampu Downlight	500	8
Komputer PC	950	4
Stop Kontak	500	8

B. Simulasi Desain Teknik

Simulasi menggunakan *PVSyst 7.3* guna menganalisis unjuk kerja dan potensi pembangkitan energi listrik dari perancangan PLTS *off-grid* [12]. komponen-komponen yang digunakan pada sistem PLTS sebagai berikut [13]: (1) Solar Modul, untuk mencukupi kebutuhan beban maka akan dipergunakan solar modul merek *iSOLAR-1* tipe Mono SPU-310M dengan kapasitas 310 Wp sebanyak 9 unit (2) *Solar Charge Control*, alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya ke baterai. Untuk menghitung daya kebutuhan SCC disesuaikan dengan besarnya daya listrik panel surya. (3) Baterai, Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan rumus 1 [14]:

$$C = \frac{\text{kebutuhan energi listrik (W)}}{\text{DoD}} \quad (1)$$

Dimana C adalah Kapasitas Baterai, W adalah kebutuhan energi listrik, DoD adalah pengosongan baterai [%] (4) Inverter, kapasitas inverter ditentukan berdasarkan besarnya daya yang akan dicadangkan. Dalam *Software PVSyst* dilakukan simulasi dengan memasukkan data dari komponen yang akan digunakan serta data cuaca sesuai lokasi penelitian. Pada *PVSyst* banyak terdapat *database* yang berisikan data-data PV serta inverter dan juga data cuaca yang terintegrasi dengan berbagai meteorologi salah satunya adalah *Meteonorm* untuk mendapatkan data cuaca [15] serta dilakukan perbandingan dengan *Global Solar Atlas* untuk validasi data cuaca.



Gambar 3. Skema Rangkaian PLTS *Off-grid*

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

Pada Gambar 3. Skema rangkaian sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai gambaran aliran daya serta komponen yang digunakan pada sistem. Kemampuan kinerja PLTS *Off-grid* dapat dianalisa berdasarkan nilai *performance ratio* (PR) yaitu suatu rasio antara besar energi aktual hasil produksi PLTS dengan energi output PLTS semakin tinggi nilai PR maka PLTS dapat beroperasi dengan performa yang bagus, dalam arti kata lain energi aktual yang dihasilkan PLTS sesuai dengan yang diperkirakan, nilai PR dapat dihitung dengan rumus 2 [16]:

$$PR = \frac{YR}{YF} \quad (2)$$

C. Simulasi Ekonomi PLTS Off-grid

Untuk melakukan analisis ekonomi dari PLTS ini, perlu diketahui biaya investasi awal dari komponen, Berikut biaya investasi awal PLTS Universitas Pamulang dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Biaya Investasi Awal

Komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total
Solar Panel iSolar 310 Wp[17]	9	Buah	Rp. 3,670,000	Rp. 33,030,000
Inverter 4 kW [18]	1	Buah	Rp. 20,252,606	Rp. 20,252,606
Baterai 48VDC 130Ah [19]	4	Buah	Rp. 87,365,217	Rp. 349,460,868
SCC MPPT 30A [20]	3	Buah	Rp. 3,278,500	Rp. 9,835,500
Rak Panel Surya [21]	9	Buah	Rp. 746,377	Rp. 6,717,393
Biaya Pengiriman seluruh komponen (luar negeri) [22]	1	Kali	Rp. 6,000,000	Rp. 6,000,000
Pemasangan dan instalasi [23]	14	Hari	Rp. 500,000	Rp. 7,000,000
Total Biaya Investasi				Rp. 428,296,367

Selain perhitungan biaya awal juga perlu dilakukan perhitungan biaya pemeliharaan sistem PLTS setiap tahunnya diambil dari 1-2% total biaya investasi awal untuk komponen sistem PLTS. Biaya pemeliharaan sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Pemeliharaan

Komponen	Jumlah (Tahun)	Persentase (%)	Harga	Total
Panel Surya 310 Wp [24]	1	2	Rp. 660,600	Rp. 660,600
Baterai 48VDC 130Ah [24]	1	2	Rp. 6,989,217	Rp. 6,989,217
SCC MPPT 30A[24]	1	2	Rp. 196,710	Rp. 196,710
Inverter [24]	1	2	Rp. 405,052	Rp. 405,052
Total				Rp. 8,251,579

Dalam simulasi yang dilakukan pada *Software Homer* akan mendapatkan nilai utama dari biaya masa kini (NPC), nilai LCOE energi dan juga Biaya Operasional sistem dengan perhitungan sebagai berikut [25]:

- (1) *Net Present Cost* adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTS, *Software Homer* menghitung total NPC dengan persamaan 3.

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} + \text{Salvage} \quad (3)$$

- (2) LCOE yaitu besar biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan energi listrik per kWh, dengan persamaan 4, dimana $C_{NPC,tot}$ adalah Total NPC, I adalah Tingkat diskon real tahunan, R_{proj} adalah Masa proyek, CRF adalah Faktor pemulihan modal.

$$C_{ann,tot} = CRF(i, R_{proj}) \cdot C_{NPC,tot} \quad (4)$$

- (3) *Operating Cost* merupakan hasil pada *Homer* untuk mengetahui biaya operasional selama umur proyek PLTS yang akan dikerjakan, dengan perhitungan 5, dimana $C_{ann,cap}$ adalah total biaya tahunan, $C_{ann,tot}$ adalah total biaya modal tahunan.

$$C_{operating} = C_{ann,cap} - C_{ann,tot} \quad (5)$$

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

Parameter ekonomi terdiri dari beberapa variabel seperti perbedaan nilai antara arus kas dan modal yang dikeluarkan (*NPV*), Biaya Energi (*COE*), perbandingan antara benefit dengan *cost* (*BCR*), Biaya siklus hidup sistem (*LCC*), Pemulihan modal (*CRF*) yang akan diinputkan [26]: (1) *Net Present Value*, dinyatakan dengan rumus 6 [27]:

$$NPV = \sum_t^n = 1 - \frac{NCFt}{(1-i)^t} - II \quad (6)$$

dimana *NCFt* adalah *Net Cash Flow* periode tahun, *II* adalah Investasi awal, *i* adalah Tingkat diskonto, *n* adalah umur investasi, (2) *LCC* dinyatakan dengan rumus 7 [28]:

$$M = 2\% \times \text{Total Biaya Investasi (Rp)} \quad (7)$$

Biaya siklus hidup (*LCC*) diperhitungkan dengan rumus 8 :

$$LCC = C + M_{pw} \quad (8)$$

dimana *LCC* adalah biaya siklus hidup, *C* adalah Biaya investasi awal, *MPW* adalah total biaya pemeliharaan dan operasional. Nilai sekarang biaya tahunan yang dikeluarkan beberapa tahun mendatang dengan jumlah pengeluaran yang tetap, dihitung dengan rumus 9 :

$$M_{pw} = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (9)$$

dimana *Mpw* adalah biaya tahunan selama umur proyek, *A* adalah Biaya Tahunan, *i* adalah tingkat diskonto, *n* adalah umur proyek. (3) *COE* dapat dihitung dengan rumus 10 [7] :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \quad (10)$$

dimana *COE* adalah biaya energi (Rp/kWh), *LCC* adalah biaya siklus hidup, *CRF* adalah Faktor Pemulihan Modal, *AKWH* adalah energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun) (4) *Benefit Cost Ratio* (*B-CR*) Dinyatakan dengan perhitungan 11 [29] :

$$BCR = \frac{\text{Benefit}}{\text{cost}} = \frac{EUAB}{EUAC} \quad (11)$$

Jika *BCR* ≥ 1 maka investasi layak dan jika *BCR* < 1 maka investasi tidak layak. (5) *CRF*, dinyatakan dengan rumus perhitungan 12 [30]. Dimana *CRF* adalah faktor pemulihan modal, *i* adalah tingkat diskonto, *n* adalah umur investasi.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (12)$$

D. Simulasi Aliran Daya Sistem PLTS

Simulasi aliran daya sistem PLTS menggunakan *software ETAP 12.6.0* guna untuk mengetahui besaran daya yang dihasilkan oleh sumber energi khususnya panel surya sebagai pemasok beban serta besaran daya yang disalurkan ke beban, dengan tahapan yang dilakukan yaitu dengan cara [31]: (1) Menentukan bagian-bagian dari pembangkit *off-grid* yang akan digunakan, (2) Memastikan semua komponen disertakan, (3) Menentukan parameter input setiap komponen, (4) Menjalankan tahapan simulasi menggunakan *Software ETAP*, (4) Dapatkan hasil simulasi. Hasil yang akan didapat dari simulasi yaitu sebuah nilai seperti tegangan maksimum dan tegangan nominal beban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Teknik PLTS Off-grid

Desain teknik menggunakan *PVSyst* dengan memasukan data panel surya kapasitas 310 Wp sebanyak 9 unit, baterai kapasitas 100 Ah 48 V sebanyak 6 buah, *solar charge control* berjenis MPPT dengan kapasitas 30 A sebanyak 3 buah, inverter kapasitas 4 kW sebanyak 1 unit, cuaca serta data beban. Untuk menentukan sudut kemiringan 10° panel surya terhadap matahari maka ditentukan koordinat lokasi tempat peletakkan panel surya latitude -6.3461° dan longitude 106.6916° serta suhu rata-rata sebesar 25.9 °C dalam setahun.



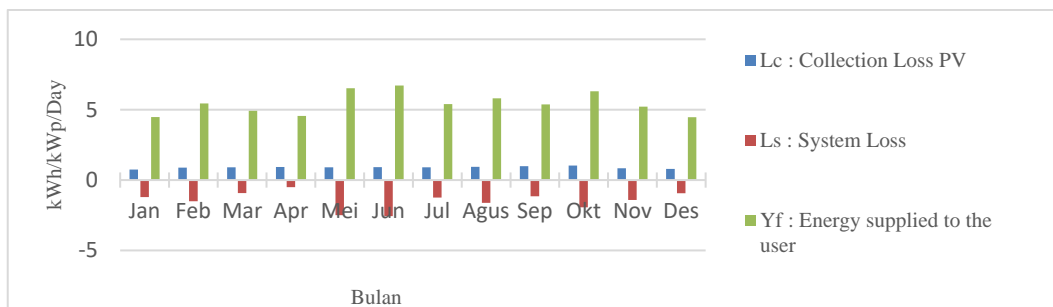
Gambar 4. Lokasi Rooftop

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

Tabel 4. Hasil Suhu Matahari dari PVsyst dan GSA

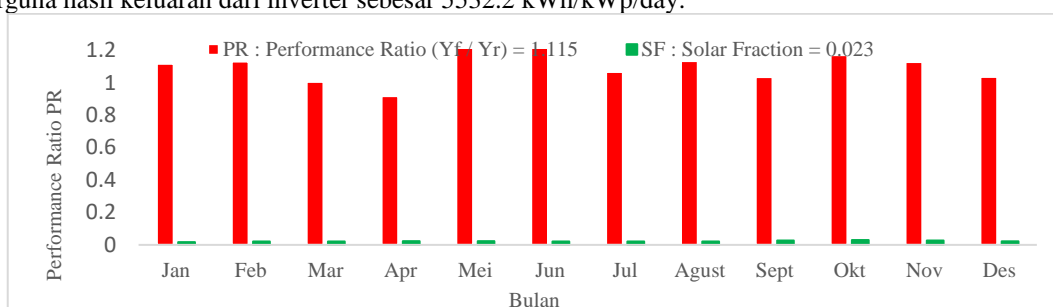
Sumber	Global Horizontal Irradiation kWh/m ² /tahun	Horizontal Diffuse Irradiation kWh/m ² /tahun	Temp
Global Solar Atlas	1672.6	973.3	26 °C
PVSYST	1762.0	966.9	25.9 °C

Berdasarkan Tabel 2 percobaan pada PVsyst dan GSA yang dilakukan terjadi selisih hasil sebesar 89.4 kWh/m²/tahun pada GHI dan 6.4 kWh/m²/tahun pada HDI, dengan titik koordinat yang didapat dari GSA dengan sudut -06.346191° dan 106.691699° serta titik koordinat yang didapat dari PVsyst dengan sudut -6.3459° dan 106.6925°. Simulasi PLTS mendapat hasil produksi energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *off-grid* untuk beban perpustakaan Universitas Pamulang.



Gambar 5. Produksi Normal

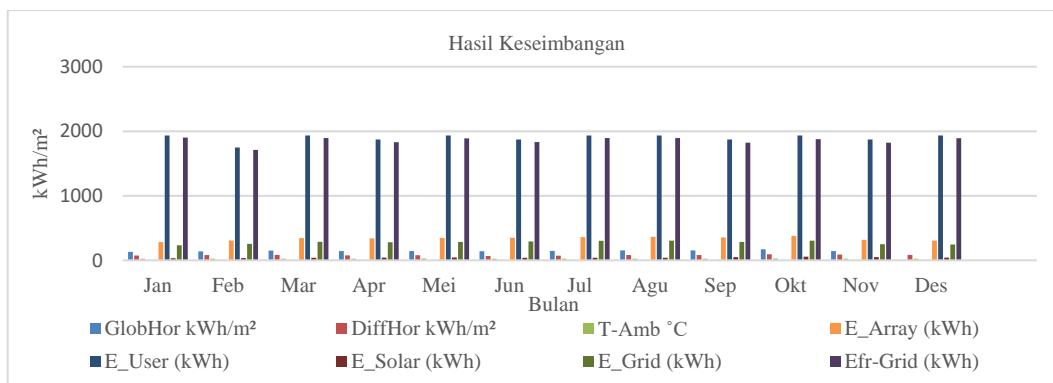
Berdasarkan Gambar 5 (Lc) merupakan kehilangan energi sebesar 0.9 kWh/kWp/day, (Ls) merupakan losses pada sistem sebesar -1.46 kWh/kWp/day², (Yf) merupakan energi yang dikirim ke beban sebesar 5.43 kWh/kWp/day. Energi yang dapat digunakan sebesar 23.386 kWh/tahun dan untuk energi yang berguna hasil keluaran dari inverter sebesar 5532.2 kWh/kWp/day.



Gambar 6. Rasio Kerja Sistem PLTS

Gambar 6 *performance ratio* atau rasio kinerja dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *off-grid* Universitas Pamulang pada simulasi PVsyst 7.3 memiliki peringkat rasio kerja sebesar 111.5% dan *solar fraction* (SF) sebesar 2,3%. Hasil perhitungan dengan rumus (2) terjadi selisih sebesar 22,5%.

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...



Gambar 7. Hasil Keseimbangan

Gambar 7 menunjukkan nilai energi yang dihasilkan dari sinar matahari melalui panel surya dalam 1 tahun. Energi listrik yang akan digunakan sebagai suplai daya beban perpustakaan Universitas Pamulang sebesar 22,787 kWh. Perbandingan dengan GSA terdapat selisih sebesar 835.1 kWh/m²/year pada GHI serta DFI sebesar 705.7 kWh/m²/year dan selisih temperatur sebesar 1 °C.

B. Desain Simulasi Nilai Ekonomi

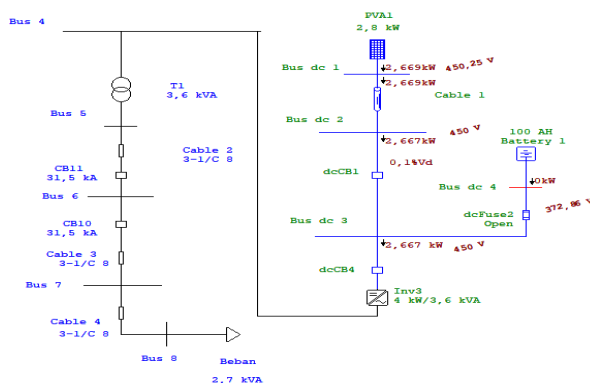
Perencanaan yang akan dilakukan yaitu dengan menjadikan PLTS *Off-grid* suplai daya beban gedung perpustakaan sebesar 2.7 kWp. Untuk mencari nilai ekonomi data yang diperlukan yaitu titik lokasi PLTS, data beban sebesar 2.7 kWp, data kapasitas komponen (panel surya merk iSolar1 kapasitas 310 Wp sebanyak 9 Unit, data baterai, data *Solar Control Charge*, data Inverter merk SMA *Sunny Boy* 4.0 kapasitas 4 kW) dan data harga PLN dan data ekonomi (nominal diskon sebesar 5.50 %, tingkat inflasi sebesar 5.42 %, umur proyek selama 20 tahun). Biaya investasi awal meliputi biaya pembelian material PLTS, biaya pengiriman dan instalasi pemasangan sistem PLTS sebesar Rp. 428,296,367 dan biaya pemeliharaan sebesar Rp. 8,251,579. Daya yang dihasilkan sebesar 63.34 kWh/hari serta beban puncak sebesar 2.68 kW dengan jam operasional selama 8 jam per hari.

Hasil perhitungan didapatkan nilai NPC sebesar Rp. 16,812,760,000, Levelized COE sebesar Rp. 44,467.11 dan biaya operasional sebesar Rp. 911,368,600 dengan nilai terendah pada nilai *capital* yaitu sebesar -Rp. 2,137,272,308. Hasil produksi panel surya sebesar 81.357 kWh/tahun dan hasil konsumsi beban primer sebesar 23.480 kWh/tahun dan persentase 100% per tahun.

Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan hasil perhitungan Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 5,615,443,996, nilai COE sebesar Rp. 2,316.83 /kWh, nilai B-CR sebesar 39,25, nilai LCC sebesar Rp. 639,942,945 dan nilai CRF sebesar 0.0837.

C. Desain Aliran Daya

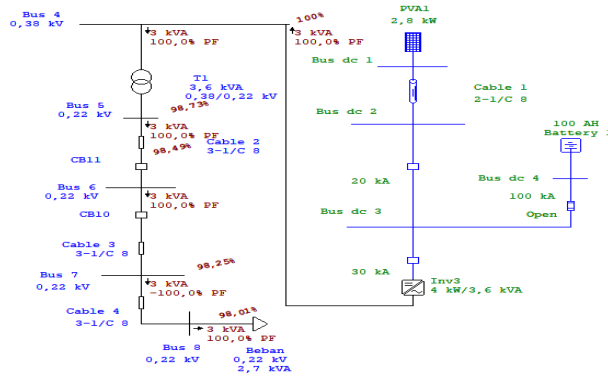
Simulasi pada *ETAP* dengan memilih komponen yang diperlukan untuk sebuah sistem PLTS *Off-grid*. Kemudian dibuatkan sebuah rangkaian yang dapat menampilkan aliran daya sistem tersebut. Data yang telah terkumpul diinput untuk mendapatkan hasil aliran daya terpakai untuk sistem pembangkit secara *off-grid* sesuai dengan kebutuhan daya terpakai.



Gambar 8. Keluaran Tegangan Vdc

Perencanaan Sistem PLTS Off Grid ...

Berdasarkan Gambar 8. terdapat daya keluaran daya Vdc dari pembangkit PLTS *Off-grid* kapasitas 2.8 kW yang mengalir sampai melalui jaringan bus dc berkapasitas 350 Vdc sampai ke inverter kapasitas 4 kW dengan total sebesar 2.666 kWdc.



Gambar 9. Keluaran Tegangan Vac

Berdasarkan Gambar 9. terdapat keluaran daya yang berasal dari inverter berkapasitas 4 kW dengan keluaran 3 kVA, aliran daya tersebut mengalir sampai ke beban menggunakan jaringan bus kapasitas 0.22 kV dengan hasil keluaran sebesar 3 kW.

Tabel 5. Hasil Aliran Daya Vdc

ID	V	To Bus	kW	Amp
Bus dc 1	450	Bus dc 2	2.669	5.927
Bus dc 2	450	Bus dc 3	2.667	5.927
Bus dc 3	450	Inverter	2.667	5.927

Berdasarkan Tabel 5. hasil aliran daya tegangan Vdc dari jaringan Bus dc 1 sampai dengan Bus dc 3 mengeluarkan daya sebesar 2.669 kW dengan amper 5.927 A.

Tabel 6. Hasil Aliran Daya Vac

Bus	To Bus	MW	Mvar	Amp	%PF
Bus 4	Bus 5	0.003	0	4.0	100
Bus 5	Bus 6	0.003	0	6.9	100
Bus 6	Bus 7	0.003	0	6.9	100
Bus 7	Bus 8	0.003	0	6.9	100

Berdasarkan Tabel 6 terdapat hasil aliran daya tegangan Vac pada PLTS *off-grid* yang menunjukkan aliran daya aktif dan arus yang dikeluarkan. Pada jaringan bus 4 menuju jaring bus 5 menghasilkan daya sebesar 0.003 MW dengan arus yang dikeluarkan sebesar 4.0 A dan pada jaringan bus 5 sampai dengan 7 menghasilkan daya sebesar 0.003 MW dengan arus sebesar 6.9 A.

4. SIMPULAN

Perencanaan Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid* berdasarkan perangkat lunak PV Syst 7.3 menghasilkan besaran energi listrik yang dihasilkan PLTS adalah sebesar 4045.2 kWh/tahun dan energi yang berguna hasil keluaran dari inverter sebesar 5532.2 kWh/kWp/hari dengan besarnya rasio unjuk kerja (*performance ratio*) per tahun sebesar 111.5% dan *solar fraction* (SF) sebesar 2,3%. Analisis Ekonomi yang dilakukan pada perangkat lunak *Homer Pro* didapatkan nilai NPC sebesar Rp. 16,812,760,000 dan biaya operasional sebesar Rp. 911,368,600. melalui hasil tersebut maka didapatkan hasil NPV sebesar Rp. 5.615.443.996, nilai COE energi sebesar Rp. 44,467 /kWh, nilai BCR sebesar 39,25, nilai LCC sebesar Rp. 639,942,945 dan nilai CRF sebesar 0.0837. Berdasarkan hasil tersebut nilai NPV yang didapat melebihi nilai (0)> dan nilai BCR melebihi nilai (1)> serta didukung oleh faktor nilai COE,

LCC dan CRF maka perencanaan PLTS *off-grid* sebagai penyuplai beban gedung perpustakaan Universitas Pamulang ini layak untuk dikerjakan karena secara teknis sistem dapat memenuhi kebutuhan daya beban dan secara ekonomi memenuhi nilai dari NPV dan BCR. Analisa aliran daya pada perangkat lunak ETAP 12.6.0 mendapatkan hasil energi listrik yang dikeluarkan oleh panel surya yang mengalir sampai inverter sebesar 2.666 kW, arus dan tegangan Vdc yang mengalir dirubah menjadi Vac menggunakan inverter dengan keluaran sampai ke beban sebesar 3 kVA atau 2.4 kW dengan arus sebesar 6.9 A.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Dewi Rahmawaty, A. Husen², A. Purwanto², and H. Rahmayanti, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPADU PADA LEMBAGA PERMASYARAKATAN KELAS I," *Perenc. PEMBANGKIT List. TENAGA SURYA (PLTS) TERPADU PADA Lemb. PERMASYARAKATAN KELAS I*, vol. 3, no. 3, pp. 1785–1793, 2022.
- [2] B. B. Juen, I. W. Suriana, I. W. Sukadana, and ..., "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Antara PLN dan PLTS," *J. Ilm. TELSINAS*, vol. 3, no. 2, pp. 41–51, 2020, [Online]. Available: <http://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/3188>
- [3] M. R. Subagja and H. Prakoso, "Grid Parity pada Stasiun Pengisian Listrik Umum Menggunakan Sel Surya," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 21–24, 2022.
- [4] S. Muslim and K. Khotimah, "ANALISIS KRITIS TERHADAP PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TIPE PHOTOVOLTAIC (PV) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN," *Anal. Krit. TERHADAP Perenc. PEMBANGKIT List. TENAGA SURYA TIPE Photovolt. SEBAGAI ENERGI Altern. MASA DEPAN*, vol. 3, no. 1, pp. 2019–2020, 2020.
- [5] B. Winardi, A. Nugroho, and E. Dolphina, "Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri," *Perenc. Dan Anal. Ekon. Pembangkit List. Tenaga Surya Terpusat Untuk Desa Mandiri*, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, 2019, doi: 10.33557/jtekn.v16i1.603.
- [6] F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 875, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.875-882.
- [7] A. Setiawan and A. Hermanto, "Pengembangan perangkat lunak optimasi ekonomi dan analisa finansial PLTS studi kasus PLTS 10 MWAC," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 2, pp. 59–71, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i2.342.
- [8] J. Pradipta *et al.*, "Peningkatan Kinerja Microgrid Bangunan Kampus dengan Simulasi Multi Skenario dan Analisis Sensitivitas," *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 5, no. 2, p. 332, 2021, doi: 10.35472/jsat.v5i2.458.
- [9] A. R. Miradz Hadi Ibrahim, Agus Purwadi, "Perancangan Sistem Pembangkit Hibrida Untuk Beban Komunal dan Kantor di Desa Leiting Provinsi Maluku," *Peranc. Sist. Pembangkit Hibrida Untuk Beban Komunal dan Kant. di Desa Leiting Provinsi Maluku*, pp. 155–161, 2019.
- [10] I. N. Haq, J. Pradipta, M. R. S. Sheba, A. W. D. Persada, F. X. N. Soelami, and E. Leksono, "Simulasi Energi dan Keekonomian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Fungsi Peak Load Shaving pada Bangunan di Lingkungan Kampus ITB," *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 5, no. 1, p. 179, 2021, doi: 10.35472/jsat.v5i1.449.
- [11] A. A. G. Pamungkas, "Simulasi Kinerja Mini-grid Berbasis Photovoltaic (PV) dan Wind Turbine (WT) Menggunakan HOMER Di Pantai Samas Bantul Yogyakarta," 2021, [Online]. Available: [https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/30065%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/30065/16524036 Aditya Aldy Guntur P DS.pdf?sequence=1](https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/30065%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/30065/16524036%0AAditya%20Aldy%20Guntur%20PDS.pdf?sequence=1)
- [12] M. A. Ridho, B. Winardi, and A. Nugroho, "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 883, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.883-890.
- [13] D. Evo, J. Hardiman, and N. Agus, "Geologi Universitas Diponegoro Dengan Menggunakan," *J. transient*, vol. 9, no. 2, pp. 222–233, 2020.
- [14] N. S. Lauhil Mahfudz Hayusman, "Studi Perencanaan Panel Kendali Plts-Pln Berdasarkan Kapasitas Baterai Untuk Plts Off-Grid," *J. Sains Terap.*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [15] E. A. Karuniawan, "Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 100, 2021, doi:

- 10.22441/jte.2021.v12i3.001.
- [16] I. F. Nur Diansyah, S. Handoko, and J. Windarta, "Implementasi Dan Evaluasi Performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Studi Kasus Smp N 3 Purwodadi," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 4, pp. 701–708, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i4.701-708.
- [17] enfsolar, "Solar Panel SPU-310M," 2023. <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/32032>
- [18] Solartopstore, "SMA Sunny Boy 4.0 SB 4.0-1AV-41," 2023. <https://www.solartopstore.com/collections/sma-sunny-boy/products/sma-sunny-boy-4-0>
- [19] ecodirect, "Baterai Discover," 2023. <https://www.ecodirect.com/Discover-48-V-6-65-kWh-138-AH-Lithium-Battery-p/discover-aes-42-48-6650.htm>
- [20] warungenergi, "SCC SRNE 48V 30A," 2023. <https://www.warungenergi.com/product/srne-mppt-12v-48v-30a-ml-series/>
- [21] alibaba.com, "Rak Pasang Panel Surya," 2023. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/Highly-Pre-assemble-Tile-Roof-Solar-922609070.html>
- [22] Detikcom, "Tarif Kirim Luar Negeri," 2023. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-4837859/tarif-jne-cara-cek-ongkir-di-dalam-dan-ke-luar-negeri#:~:text=Tarif JNE ke luar negeri,kg akan dihitung biaya khusus.>
- [23] Solarkita, "Jasa Instalasi," 2023. https://solarkita.com/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRouz38SR1mG_OAMDNW-zWKhCtRwKgfnaZGFTjDNupH6PDXc12oN11UaAjHJEALw_wcB
- [24] getsolar, "Maintenance panel surya," 2020. <https://getsolar.ai/blog/harga-panel-surya-pemasangan-perawatan-indonesia#:~:text=Biaya perawatan untuk sistem panel,juta per kunjungan di Indonesia.>
- [25] J. Windarta, E. W. Sinuraya, A. Z. Abidin, A. E. Setyawan, and Angghika, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Berbasis Homer Di Sma Negeri 6 Surakarta Sebagai," *Pros. Semin. Nas. MIPA*, pp. 21–36, 2019.
- [26] I. K. Bachtiar and M. Syafik, "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam," *J. Sustain.*, vol. 5, no. 02, 2016.
- [27] A. D. Budiarta, S. Handoko, and A. A. Zahra, "Analisis Ekonomi Teknik Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Hybrid Pada Atap Kandang Ayam Closed House Di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 345–353, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i2.345-353.
- [28] vember restu koshi, "PERENCANAAN PLTS TERPUSAT (OFF-GRID) DI DUSUN TIKALONG KABUPATEN MEMPAWAH," *J. SI Tek. Elektro UNTAN*, 2018.
- [29] R. Rafli, J. Ilham, and S. Salim, "Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10790.
- [30] M. A. Situmorang, I. A. D. Giriantari, and I. N. Setiawan, "PERANCANGAN PLTS ATAP GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS UDAYANA," *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, pp. 89–100, 2022.
- [31] S. Sunardiyo, A. Suryanto, Y. Primadiyono, E. Sarwono, and A. Asriningati, "PEMODELAN SISTEM PEMBANGKIT HYBRID DIESEL GENERATOR-PV MICROGRID INTERAKTIF," *Inov. Kim.*, no. 1, pp. 65–87, 2022, doi: 10.15294/ik.v1i1.62.