



Perencanaan dan Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On Grid*: Studi Kasus di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas Kendari

Try Sugiyarto Soeparyanto¹, Andi Abdul Jalil^{2*}, Muh Rafly Apriliansyah³,
Ridwansyah Nuhun⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Manajemen Rekayasa Promram Pasca Sarjana Universitas Halu Oleo,
Kendari, Indonesia

*Korespondensi: andijalil29@gmail.com

ABSTRAK

Sejak disepakati Paris *Climate Agreement* pada tahun 2015, gagasan *Net Zero Emissions* (NZE) semakin menjadi sorotan di tingkat global sebagai pendekatan utama dalam mengatasi krisis iklim, dengan sektor energi menjadi salah satu area prioritas dalam penerapannya. Berdasarkan data dari web *Global Solar Atlas*, nilai *Global Horizontal Irradiance* (GHI) untuk wilayah Indonesia berada pada kisaran 3,45 hingga 5,74 kWh/m² per hari, yang menunjukkan potensi energi surya yang signifikan untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dari data tersebut penelitian ini disusun dengan tujuan untuk merancang dan mengoptimalkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari dengan menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif berbasis teknik rekayasa. Desain awal sistem menggunakan kapasitas 10.8 kWp, dengan mempertimbangkan potensi energi surya dan luas atap bangunan. Proses perencanaan dan analisis dilakukan melalui perangkat lunak PVsyst, yang memanfaatkan data radiasi matahari dan parameter iklim lokal yang diperoleh dari *Meteonorm*. Komponen utama sistem meliputi modul fotovoltaik dan inverter grid-tie yang dipilih berdasarkan efisiensi dan kompatibilitas teknis. Hasil simulasi digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi teknis dan ekonomi untuk implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari. Selain memberikan solusi energi berkelanjutan, penelitian ini juga berperan sebagai percontohan penerapan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, serta mendukung percepatan adopsi energi terbarukan secara lebih luas pada instansi pemerintahan khususnya di kawasan timur yang memiliki tingkat radiasi matahari tinggi namun belum dimanfaatkan secara optimal.

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 18
Desember 2025

KATA KUNCI

Pembangkit Listrik
Tenaga Surya (PLTS)
On Grid, PVsyst,
Optimasi sistem,
Energi surya, Simulasi
teknis

1. Pendahuluan

Sejak disepakatinya *Paris Climate Agreement* pada tahun 2015, konsep *Net Zero Emissions* (NZE) semakin mendapat perhatian global sebagai strategi utama dalam menanggulangi perubahan iklim. Program ini bertujuan untuk mengurangi emisi dan berkontribusi terhadap pemanasan global, dengan sektor

energi menjadi salah satu fokus utama dalam implementasinya. Dalam rangka mendukung pencapaian *Net Zero Emissions* (NZE), banyak negara telah menetapkan kebijakan dan regulasi baru yang mengarahkan transisi sistem ketenagalistrikan menuju sumber energi rendah karbon dan berkelanjutan (Aprilianto & Ariefianto, 2021). Salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik.

Berdasarkan data dari web *Global Solar Atlas*, nilai *Global Horizontal Irradiance* (GHI) untuk wilayah Indonesia berada pada kisaran 3,45 hingga 5,74 kWh/m² per hari, yang menunjukkan potensi energi surya yang signifikan untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* sebagai bagian dari bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) nasional (*Global Solar Atlas*, n.d.). Pemerintah Indonesia telah menegaskan komitmennya dalam mempercepat transisi energi melalui pengembangan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebagai solusi pengganti energi fosil, khususnya di sektor pembangkitan listrik. Komitmen ini tercermin dalam Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), yang kemudian diperkuat melalui Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Kedua dokumen kebijakan tersebut menetapkan target bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan peningkatan menjadi 31% pada tahun 2050 dalam total konsumsi energi nasional (Setyono & Kiono, 2021). Lebih lanjut, pemerintah memperkuat langkah percepatan ini melalui pengesahan Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik, yang secara strategis mengarahkan sistem ketenagalistrikan nasional menuju pemanfaatan sumber energi rendah karbon dan berkelanjutan (Perpres Nomor 112 Tahun 2022, 2022).

Selain dukungan kebijakan nasional, perkembangan teknologi serta penurunan signifikan biaya investasi turut mempercepat adopsi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di berbagai negara, termasuk di Indonesia. Laporan dari *International Renewable Energy Agency* (IRENA) mencatat bahwa sejak 2010, biaya pembangkitan listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala utilitas mengalami penurunan signifikan. Rata-rata global *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) turun dari USD 0,460/kWh (\pm Rp7.360/kWh) menjadi USD 0,044/kWh (\pm Rp704/kWh) pada 2023 penurunan sebesar 90% dalam satu dekade terakhir. Tren ini dipicu oleh penurunan harga modul surya hingga 93%, serta efisiensi biaya pada aspek biaya perangkat lunak, perangkat keras, instalasi, dan operasional (IRENA, 2024).

Sebagai bentuk implementasi konkret dari transisi energi, Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki karakteristik fisik dan operasional yang mendukung. Salah satu pertimbangannya adalah keberadaan atap bangunan workshop manufaktur yang luas dan tidak terhalang dari cahaya matahari pagi sampai sore hari, sehingga sangat ideal untuk pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain itu, di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari memiliki kebutuhan energi listrik yang cukup tinggi untuk menunjang berbagai aktivitas pelatihan vokasional, seperti penggunaan peralatan praktik, mesin listrik, komputer dan sistem penerangan intensif. Kondisi ini menjadikan Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari sebagai lokasi yang representatif untuk studi implementasi dan optimasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* dalam mendukung efisiensi energi serta sebagai media pembelajaran praktis bagi peserta pelatihan dalam bidang Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Studi ini meliputi pemodelan sistem, simulasi kinerja, dan evaluasi efisiensi energi

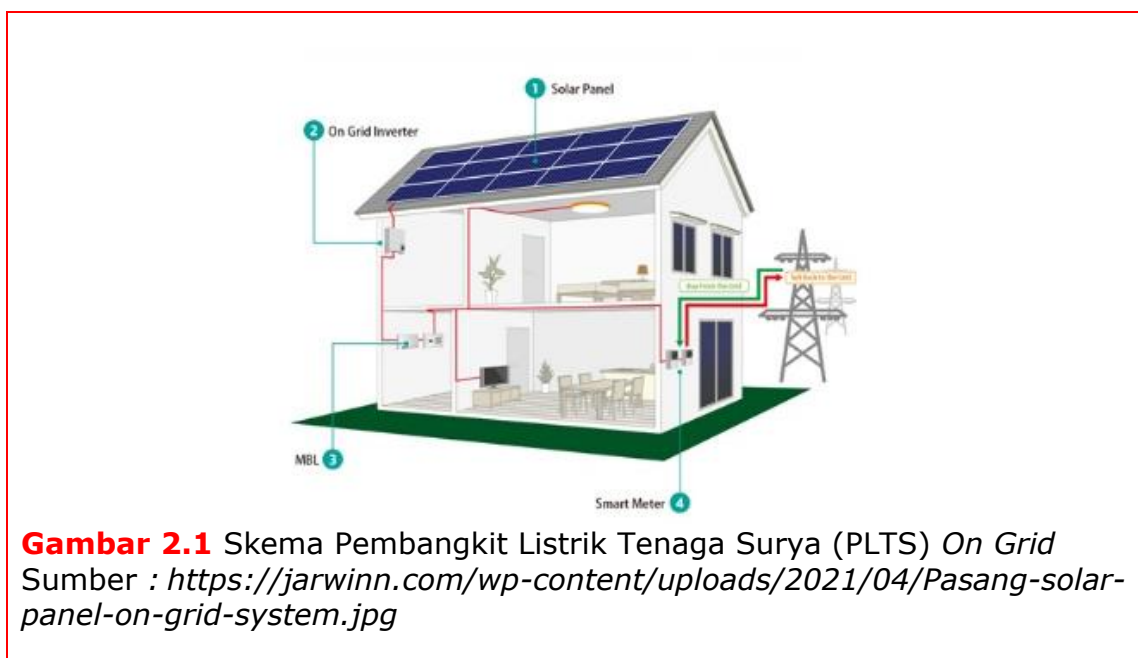
dengan mempertimbangkan parameter teknis seperti potensi radiasi matahari, konfigurasi sistem, serta pemilihan komponen utama melalui simulasi di perangkat lunak PVsyst. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis, ekonomis dan lingkungan dalam mendukung implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid secara optimal.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid

Dalam beberapa tahun terakhir, pembangkit listrik masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, yang menyumbang emisi karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar. Jika ketergantungan ini terus berlangsung, suhu atmosfer diperkirakan akan terus meningkat dan berpotensi memicu berbagai bencana iklim seperti badai, kekeringan, badai debu, hingga banjir. Oleh karena itu, penggunaan energi terbarukan menjadi semakin krusial karena mampu menghasilkan emisi yang sangat rendah, bahkan nyaris nol, sebagaimana pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Al-Sarraj & Yigit, 2023).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem konversi energi yang mengubah iradiasi matahari menjadi energi listrik melalui mekanisme efek fotolistrik. Sebagai sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang tidak menghasilkan emisi karbon (*zero emission*), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki potensi besar untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan listrik yang diprediksi akan terus meningkat setiap tahunnya. Pemanfaatan penuh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menghasilkan listrik yang kemudian diekspor ke jaringan listrik PLN dikenal dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* yang memberikan keuntungan ekonomis yang signifikan karena tidak membutuhkan *backup* baterai untuk menyimpan energi listrik yang telah dibangkitkan. Selain itu, konfigurasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* yang lebih sederhana dibandingkan dengan sistem *Off Grid* berdampak pada periode pengembalian investasi (*payback period*) yang relatif lebih singkat (Pratiwi et al., 2022).



Adapun komponen utama yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*:

- a. *Solar cell* (panel surya) adalah alat untuk mengonversi tenaga matahari menjadi energi listrik yang dikenal dengan panel surya.
- b. *Inverter grid tie* adalah jenis inverter khusus yang mengubah daya DC menjadi daya AC untuk koneksi ke jaringan listrik.
- c. *Smart metering* (ekspor dan impor) adalah teknologi pengukuran listrik digital yang memungkinkan pencatatan konsumsi listrik secara *real-time* dan dua arah, yaitu mencatat energi listrik yang diimpor (digunakan dari jaringan PLN) serta energi listrik yang diekspor (dikirim dari sistem PLTS ke jaringan PLN).

2.2 Prinsip Kerja Sistem Fotovoltaik

Modul fotovoltaik merupakan komponen krusial dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), berfungsi untuk mengonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui mekanisme efek fotoelektrik (Ramadhani, 2018). Sedangkan fotoelektrik adalah kemampuan suatu material untuk melepaskan elektron ketika terkena cahaya (*foton*) (Dalimunthe et al., 2023). Di dalam modul ini, sel fotovoltaik berperan sebagai elemen utama. Sel fotovoltaik tersusun dari material semikonduktor yang memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Untuk meningkatkan tegangan keluaran, sel-sel tersebut dihubungkan secara seri melalui kawat busbar. Umumnya, material semikonduktor yang digunakan pada sel fotovoltaik adalah silikon, baik dalam bentuk polikristalin (*polycrystalline*) maupun monokristalin (*monocrystalline*) (Ramadhani, 2018).

2.3 Global Horizontal Irradiance (GHI)

Global Horizontal Irradiance (GHI) adalah total radiasi matahari yang diterima oleh permukaan horizontal bumi per satuan luas, mencakup baik radiasi yang datang langsung maupun yang tersebar. Radiasi ini terdiri dari dua komponen utama (Syahab et al., 2023) :

- a. Radiasi Langsung Matahari (*Direct Normal Irradiance / DNI*) yaitu sinar matahari yang datang langsung dari arah matahari.
- b. Radiasi Hamburan (*Diffuse Horizontal Irradiance / DHI*) yaitu sinar matahari yang tersebar oleh partikel atmosfer seperti awan, debu, dan gas.

Dengan kata lain, *Global Horizontal Irradiance* merupakan jumlah dari radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi baik secara langsung maupun *tidak* langsung (terhambur), dan diukur dalam satuan Watt per meter persegi (W/m^2). *Global Horizontal Irradiance* menjadi parameter penting dalam perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena secara langsung mempengaruhi potensi energi surya yang tersedia di suatu lokasi. Data *Global Horizontal Irradiance* dapat diperoleh dari informasi historis yang disediakan oleh perangkat lunak seperti *Meteonorm*.

2.4 Perangkat Lunak PVsyst

PVsyst merupakan perangkat lunak simulasi yang umum digunakan di *industri* jasa pemasangan/pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk merancang, menganalisis, dan memodelkan sistem fotovoltaik (PV). Proses simulasinya didasarkan pada perhitungan matematis yang rumit, dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti konfigurasi lokasi, kondisi iklim, efisiensi tiap komponen, serta karakteristik teknis dari sistem PV. Output dari simulasi ini memberikan data penting yang berguna

dalam proses perencanaan dan pengembangan sistem tenaga surya. Dengan memahami fitur dan kapabilitas PVsyst secara menyeluruh, pengguna dapat memanfaatkannya secara optimal untuk merancang dan mengevaluasi sistem PV yang hemat biaya dan efisien (Siregar et al., 2024).

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif berbasis teknik rekayasa (*engineering-based approach*) yang difokuskan pada proses perencanaan dan optimasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* dengan bantuan perangkat lunak PVsyst. Pemilihan PVsyst didasarkan pada kemampuannya yang komprehensif dalam melakukan simulasi sistem fotovoltaik, termasuk analisis performa energi, estimasi produksi daya, perhitungan kerugian sistem, serta integrasi data meteorologi secara detail.

PVsyst juga telah diakui secara luas di kalangan profesional dan akademisi dalam bidang energi surya karena tingkat akurasi yang tinggi serta antarmuka pengguna yang mendukung visualisasi teknis secara menyeluruh. Dibandingkan dengan perangkat lunak lain seperti Homer, SAM, atau HelioScope, PVsyst lebih unggul dalam aspek simulasi teknis mendalam dan fleksibilitas dalam konfigurasi sistem PV skala besar maupun kecil. Tujuan utama dari studi ini adalah merancang dan mengoptimalkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* yang akan diimplementasikan di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari, sehingga menghasilkan desain yang optimal, efisien dan ekonomis.

3.1 Data dan Informasi Pendukung

Data lokasi yang digunakan meliputi koordinat geografis untuk menentukan intensitas radiasi matahari dan parameter iklim lokal. Informasi mengenai radiasi matahari diperoleh dari perangkat lunak Meteonorm, yang menyediakan data historis terkait radiasi global horizontal (*Global Horizontal Irradiance/GHI*).

3.2 Desain dan Simulasi Sistem

Desain awal sistem dirancang dengan kapasitas 10.8 kWp sebagai studi pendahuluan, dengan mempertimbangkan luas atap yang tersedia serta potensi radiasi surya di lokasi. Komponen utama sistem meliputi modul fotovoltaik dan inverter *grid tie*, yang dipilih berdasarkan efisiensi, ketersediaan di pasar, dan kompatibilitas teknis. Simulasi kinerja sistem dilakukan menggunakan PVsyst, yang memungkinkan analisis terhadap berbagai parameter teknis berdasarkan data lokasi dan konfigurasi sistem.

3.3 Hasil dan Implikasi

Hasil simulasi dan analisis dijadikan dasar dalam penyusunan rekomendasi teknis dan ekonomi untuk implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di lingkungan Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan PVsyst, konfigurasi sistem yang paling optimal diperoleh pada sudut kemiringan modul panel surya sebesar 14° dengan orientasi menghadap 3° ke utara. Konfigurasi ini memberikan kinerja energi tertinggi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* yang dirancang mampu menghasilkan energi listrik dengan desain sebagai berikut:

- *Produced energy* : 14,20 MWh/year
- *Specific production* : 1409 kWh/kWp/year

- Performance Ration PR : 77,44%

Tabel 4.1 Hasil simulasi PLTS dengan PVsyst

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR Ration
January	145.0	71.65	27.38	131.6	122.7	1.059	1.023	0.771
February	126.0	69.87	27.33	119.3	111.9	0.964	0.931	0.774
March	147.2	66.04	27.26	145.9	137.6	1.166	1.125	0.765
April	150.3	71.75	26.90	156.2	147.8	1.261	1.218	0.774
May	139.7	69.77	27.26	149.9	141.8	1.214	1.174	0.777
June	137.8	62.75	26.31	151.2	143.1	1.233	1.192	0.782
July	142.7	72.26	26.17	153.9	145.8	1.258	1.217	0.785
August	141.1	80.96	26.41	147.3	139.3	1.206	1.167	0.786
September	160.3	73.73	26.83	160.7	151.9	1.294	1.251	0.772
October	185.0	82.78	27.79	177.5	167.4	1.422	1.374	0.769
November	210.5	62.15	26.90	190.5	178.9	1.518	1.468	0.764
December	149.2	78.77	26.85	135.1	126.2	1.096	1.059	0.778
Year	18334.8	862.47	26.95	1819.1	1714.3	14.691	14.200	0.774

Sumber : Simulasi dengan software PVsyst

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga memberikan dampak positif secara ekonomi. Sistem ini diperkirakan mampu membangkitkan energi listrik sebesar 14,20 MWh per tahun. Jika dikonversi menggunakan tarif listrik langganan Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari dengan daya sebesar 164 kVA sesuai ketentuan tarif listrik untuk pelanggan sektor pemerintahan dan penerangan jalan umum sebesar Rp 1.699,53 per kWh (Permen ESDM Nomor 7 Tahun 2024, 2024), maka potensi penghematan biaya listrik mencapai sekitar Rp 24.133.326 per tahun.

Penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari tidak hanya bertujuan untuk memenuhi sebagian kebutuhan energi listrik untuk balai, namun juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan melalui kontribusi pengurangan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan hasil simulasi dengan PVsyst dengan skala 10 tahun *lifetime*, sistem ini mampu mengurangi emisi CO₂ sebesar 6.846 ton per tahun. Pengurangan emisi ini menjadi bagian integral dari strategi mitigasi perubahan iklim, serta mendukung pencapaian target nasional dalam percepatan transisi energi menuju sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan, sebagaimana tercantum dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan komitmen Indonesia dalam Kesepakatan Paris (*Paris Agreement*).

Lebih dari itu, kehadiran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari memberikan nilai tambah sebagai media pembelajaran praktik bagi peserta pelatihan di bidang energi terbarukan, sehingga memperkuat kapasitas sumber daya manusia yang kompeten dalam mendukung agenda transisi energi nasional. Keunggulan ini menjadikan proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari sebagai model yang layak direplikasi, terutama oleh lembaga pendidikan dan pelatihan vokasi lainnya di seluruh Indonesia, khususnya di daerah dengan potensi radiasi matahari yang tinggi.

Implikasi dari penelitian ini membuka peluang besar bagi adopsi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam skala lebih luas, tidak hanya terbatas pada lembaga pendidikan, tetapi juga pada fasilitas pemerintahan,

layanan publik, dan kawasan industri. Dengan dukungan kebijakan yang progresif, insentif fiskal, dan kolaborasi multipihak, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* dapat diimplementasikan secara massal sebagai bagian dari strategi desentralisasi energi, peningkatan ketahanan energi daerah, dan penguatan ekonomi hijau nasional. Selain itu, pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala besar juga dapat diarahkan pada skema pembangkit hybrid, integrasi dengan sistem penyimpanan energi (*battery storage*), atau *microgrid* untuk menjawab tantangan reliabilitas dan kontinuitas pasokan di wilayah terpencil atau belum terjangkau jaringan PLN secara stabil.

Dengan demikian, hasil studi ini tidak hanya memperkuat justifikasi teknis dan ekonomis bagi implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari, tetapi juga menjadi referensi penting dalam merancang kebijakan replikasi dan perluasan proyek energi terbarukan di seluruh wilayah Indonesia sebagai bagian dari transformasi sistem ketenagalistrikan nasional yang berkelanjutan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kondisi Lokasi dan Data Radiasi Matahari

Perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* direncanakan di atap gedung Kejuruan Manufaktur milik Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada luasnya area atap serta letaknya yang strategis, sehingga memungkinkan pemasangan panel surya secara optimal tanpa banyak gangguan bayangan (*shading*).



Berdasarkan data klimatologi dari PVsyst yang menggunakan sumber data Meteonorm untuk wilayah Kota Kendari, khususnya di

area Balai Pelatihan Vokasi dan *Produktivitas* (BPVP) Kendari, potensi radiasi matahari tahunan mencapai 1834,8 kWh/m². Angka ini mengindikasikan bahwa kawasan tersebut memiliki potensi energi surya yang sangat baik untuk pengembangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*.

Tabel 4.2 Data radiasi matahari wilayah Balai Pelatihan Vokasi dan *Produktivitas* (BPVP) Kendari

Geographical Site		Situation												
BPVP Kendari		Latitude	-4.01 °S											
Indonesia		Longitude	122.50 °E											
		Attitude	9 m											
		Time zone	UTC+8											
Monthly Meteo Value														
Source Meteonorm 7.3 Sat=100%														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Horizontal global	145.0	126.0	147.2	150.3	139.7	137.8	142.7	141.1	160.3	185.0	210.5	149.2	1834.8	kWh/m ²
Horizontal diffuse	71.7	69.9	66.0	71.7	69.8	62.8	72.3	81.0	73.7	82.8	62.1	78.8	862.6	kWh/m ²
Extraterrestrial	324.6	298.2	326.7	299.7	287.7	265.4	278.3	297.1	307.1	326.8	314.5	321.1	3647.0	kWh/m ²
Clearness Index	0.447	0.423	0.451	0.502	0.486	0.519	0.513	0.475	0.522	0.566	0.669	0.465	0.503	Ratio
Ambient Temper	27.4	27.3	27.3	26.9	27.3	26.3	26.2	26.4	26.8	27.8	26.9	26.9	26.9	°C
Win Velocity	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	m/s
<i>Sumber: Simulasi dengan software PVsyst</i>														

4.2.2 Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* yang direncanakan di atap gedung Kejuruan Manufaktur Balai Pelatihan Vokasi dan *Produktivitas* (BPVP) Kendari disusun berdasarkan hasil kajian kebutuhan akan energi yang ramah lingkungan, potensi energi surya, serta kondisi atap gedung dan lingkungan setempat. Komponen utama dari sistem ini meliputi:

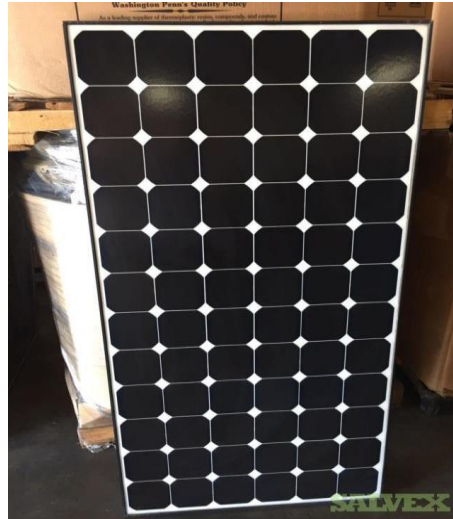
- Solar Cell* (Panel surya) yang digunakan adalah merk Sun Power tipe *monocrystalline* dengan kapasitas 210 Wp per modul. Sistem ini terdiri dari 48 modul panel surya, yang dikonfigurasi dalam 3 *string*, masing-masing *string* terdiri dari 16 modul panel surya yang kemudian disebut *array*, jadi total daya secara keseluruhan dari panel surya sebesar 10,8 kWp. Pemilihan tipe *monocrystalline* didasarkan pada efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan tipe lainnya, sehingga cocok untuk area atap yang terbatas namun membutuhkan output energi maksimal.

Tabel 4.3 Spesifikasi panel surya Sun Power

STC Power Rating P_{mp} (W)	210
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	47.7
Short Circuit Current I_{sc} (A)	5.75
Voltage at Maximum Power V_{mp} (V)	40.0
Current at Maximum Power I_{mp} (A)	5.25
Panel Efficiency	16.9%

Fill Factor	76,6%
Power Tolerance	-
Maximum System Voltage V_{max} (V)	600
Maximum Series Fuse Rating (A)	-

Sumber: Name plate modul panel surya



Gambar 4.2 Modul Panel surya Sun Power 210 Wp

Sumber: <https://sl.bing.net/bXBn0WnIVEi>

- b. *Inverter* yang digunakan adalah merek Schneider Electric, model Conext TL 10000 E, sebanyak 1 unit. Inverter ini berfungsi mengkonversi arus searah (*direct current*) dari panel surya menjadi arus bolak-balik (*alternating current*) yang dapat digunakan untuk kebutuhan listrik gedung maupun disalurkan ke jaringan listrik PLN. Model ini mendukung sistem *grid tie*, memungkinkan kelebihan daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk diekspor ke jaringan listrik PLN melalui skema *net metering*, sesuai dengan regulasi yang ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).



Gambar 4.3 Inverter 10 kWac

Sumber: <https://solar.se.com/us/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/schneider-electric-conext-tl-solar-inverter-2-lbox-426x426-trans.png>

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan dan optimasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari dapat dilakukan secara efektif menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif berbasis teknik rekayasa dengan bantuan perangkat lunak PVsyst. Berdasarkan hasil simulasi, sistem dengan kapasitas 10.8 kWp mampu menghasilkan energi listrik tahunan sebesar 14,20 MWh dengan *performance ratio* (PR) sebesar 77,44%. Konfigurasi sistem yang optimal diperoleh dengan sudut kemiringan modul sebesar 14° menghadap utara 3°, yang menghasilkan kinerja energi tertinggi.

Pemilihan komponen utama seperti modul *fotovoltaik* dan inverter *grid tie* berpengaruh signifikan terhadap efisiensi sistem dan nilai ekonomis. Selain itu, dari sisi lingkungan, penerapan sistem ini turut mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik dari pembangkit berbahan bakar fosil, serta berkontribusi dalam penurunan emisi karbon dioksida (CO₂). Dengan demikian, sistem ini mendukung pemanfaatan energi bersih di lingkungan lembaga pendidikan dan pelatihan, sejalan dengan prinsip keberlanjutan dan pengembangan teknologi ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, studi ini memberikan landasan teknis yang kuat untuk merealisasikan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari serta dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan sistem serupa di lokasi lain dengan karakteristik sebanding.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada Program Pascasarjana Universitas Halu Oleo (UHO, Kendari atas dukungan akademik, fasilitas, serta lingkungan ilmiah yang kondusif sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Kendari atas izin, dukungan data, serta kerja sama yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian terkait perancangan dan optimasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*. Dukungan dari kedua institusi tersebut sangat berperan dalam kelancaran proses penelitian dan penyusunan hasil, sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan energi terbarukan.

Referensi

- Al-Sarraj, A. I., & Yigit, F. (2023). Modelling the use of PVSYST software for a stand-alone PV solar system "off grid" with batteries by utilizing silicon hetero-junction technology (HJT) panels in Iraq/Basra. *Al Rafidain Journal of Engineering Sciences*, 2(1), 32–42. <https://doi.org/10.61268/0hyjvn12>
- Aprilianto, R. A., & Ariefianto, R. M. (2021). *Peluang Dan Tantangan Menuju Net Zero Emission (NZE) Menggunakan Variable Renewable Energy (VRE) Pada Sistem Ketenagalistrikan Di Indonesia*. 2(2).
- Arun, S., Ishwarya, P. D., Kumar, S. K., Monisha, T. R., & Elavarasi, R. (2018). *Implementation of Grid Tied Inverter in Solar Panel*. 05(03).

- Dalimunthe, M. E., Lubis, Z., Sutejo, E., & Sari, D. P. (2023). *ANALISIS SOLAR CELL SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF PADA GEDUNG I UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI*. *Global Solar Atlas*. (n.d.). Global Solar Atlas. Retrieved May 2, 2025, from <https://globalsolaratlas.info/detail?s=-3.991807,122.518007&m=site&c=-3.991807,122.518007,11&pv=small,0,5,15>
- IRENA. (2024). *Renewable Power Generation Costs in 2023*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
- Permen ESDM Nomor 7 Tahun 2024, Pub. L. No. BN.2024 (315)/22 hlm (2024). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/294347/permen-esdm-no-7-tahun-2024>
- Perpres Nomor 112 Tahun 2022, Pub. L. No. LN.2022/No.181, jdih.setneg.go.id: 30 hlm. (2022). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/225308/perpres-no-112-tahun-2022>
- Pratiwi, N. F., Pudini, A., & Mursanto, W. B. (2022). *Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil*.
- Ramadhani, B. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Siregar, M., Pardosi, C. H., Bachri, K. O., Nur, T., & Pandjaitan, L. W. (2024). Comparison of Actual Results and PVSyst Simulation in the Design of Off-Grid Solar Power Generation System (PLTS) in Karuni Village, Southwest Sumba. *Jurnal Elektro*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.25170/jurnalelektro.v17i1.5419>
- Syahab, A. S., Hermawan, A., & Avianto, D. (2023). Global Horizontal Irradiance Prediction using the Algorithm of Moving Average and Exponential Smoothing. *JISA(Jurnal Informatika Dan Sains)*, 6(1), 74–81. <https://doi.org/10.31326/jisa.v6i1.1649>