

Kajian Tekno-Ekonomi Penerapan *Rooftop Solar Panel* di Desa Wisata Banjaran, Bantul, D.I. Yogyakarta

Bayu Seto^{1*}, Wahyu Edifikar¹, Andra Tersiana W¹, Eriko Arvin K¹

¹Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta

*Corresponding author, e-mail: bayu.seto@unu-jogja.ac.id

Abstrak

Desa Wisata Banjaran sebagai objek wisata di Yogyakarta berkonsep ramah lingkungan (*ecotourism*) cocok untuk mengaplikasikan *rooftop solar panel* sebagai penerapan energi bersih, sarana edukasi, langkah penghematan ekonomis serta untuk mendukung program pemerintah untuk mendorong target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025. Dari penelitian ini, telah disimulasikan penerapan *on grid rooftop solar panel* di Desa Wisata Banjaran, dengan kebutuhan beban listrik 4,97-8,28 kWh/hari diperoleh payback period 8,5-10,6 tahun, ROA dengan rentang 9,40%-50,39%, aset tetap menyisakan salvage value sebesar 20% dari investasi awal dengan umur ekonomis 25 tahun. Kebijakan net metering pada Permen ESDM nomor 26 Tahun 2021 yang memberi nilai ekspor energi sebesar 100% dari tarif listrik lebih menguntungkan bagi konsumen rooftop solar panel.

Kata Kunci: Helioscope, On Grid, *Rooftop Solar Panel*, tekno-ekonomi

Abstract

Desa Wisata Banjaran as a Yogyakarta's tourist attraction has ecotourism concept that suitable for applying rooftop solar panels as clean energy energy source, educational practice, economic savings purpose and to support government programs to encourage the target of 23% renewable energy mix by 2025. This research has simulated the application of on grid rooftop solar panels in Desa Wisata Banjaran, with 4.97-8.28 kWh/day of energy load demand, obtained 8.5-10.6 years, ROA with a range of 9.40%-50.39%, fixed assets for salvage value of 20% of initial investment with an economic age of 25 years. Net metering policy on ESDM Candy number 26 of 2021 which values energy exports at 100% of electricity tariffs is more favorable for rooftop solar panel consumers.

Keywords: Helioscope, On Grid, *Rooftop Solar Panel*, techno-economic

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang menyepakati *Paris Agreement* [1] sebagai salah satu wujud komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon dunia. Komitmen tersebut kemudian diwujudkan dalam RUEN[2], dengan Indonesia menargetkan bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025.

Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan potensi energi Matahari yang melimpah. Intensitas cahaya matahari 10-12 jam per hari sepanjang tahun dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk kesejahteraan masyarakat terutama pada sektor energi[3]. Pemanfaatan energi Matahari sebagai sumber energi listrik yang efisien, bersih, dan handal adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS merupakan teknologi pembangkitan listrik yang dapat diimplementasikan hampir di seluruh wilayah. Salah satu model penerapan PLTS adalah PLTS Atap atau *rooftop solar panel* yang dapat diaplikasikan secara *off-grid* maupun *on-grid* [4]. Komponen utama dari *rooftop solar panel* adalah panel surya dan inverter *on grid*. Instalasi, operasi dan perawatan *rooftop solar panel* tergolong mudah sehingga dapat diadopsi oleh masyarakat [5]. Pemerintah Indonesia sendiri telah memiliki regulasi yang mengatur penggunaan PLTS Atap melalui Permen ESDM nomor 26 Tahun [6].

Desa Wisata Banjaran merupakan obyek wisata yang dikembangkan oleh BUMDes Guwosari Kapanewon Pajangan Bantul D.I. Yogyakarta. Desa wisata Banjaran mengusung konsep ekowisata sejarah karena berkaitan dengan Goa Selarong dan sejarah Pangeran Diponegoro [7].

Konsep Desa Wisata Guwosari yaitu ekowisata sangat cocok jika mengaplikasikan teknologi Rooftop PV sebagai sarana edukasi dan penerapan teknologi yang ramah lingkungan yang mendukung kebijakan energi pemerintah. Dari hal tersebut maka dapat dilakukan kajian tekno-ekonomi kelayakan Rooftop PV di Desa Wisata Banjaran. Kajian teknis mengenai Rooftop PV dapat meliputi kapasitas, orientasi panel surya, energi yang dihasilkan dan berapa besar kontribusi Rooftop PV dalam memenuhi kebutuhan listrik Desa Wisata Banjaran. Pada kajian ekonomis *rooftop solar panel*, parameter ekonomi yang digunakan adalah *Return on Assets (ROA)* dan *Simple Payback Period (SPP)*.

TINJAUAN LITERATUR

Desa Wisata Banjaran

Desa Wisata Banjaran merupakan desa wisata yang dikembangkan oleh BUMDes Guwosari yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Desa Guwosari. Desa Guwosari berdampingan dengan objek wisata Goa Selarong yang merupakan salah satu peninggalan sejarah Pahlawan Nasional Pangeran Diponegoro. Denah lokasi Desa Wisata Banjaran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah lokasi Desa Wisata Banjaran

Desa Wisata Banjaran terdiri dari 3 Zona yaitu Zona 1 (pintu gerbang, parkir terpadu, ruang terbuka hijau, panggung multifungsi, 274udang pertemuan, mushola, 274udang274 pantai selatan, kolam ikan hias, toilet, zona permainan, museum Diponegoro, kantor, 274udang), Zona 2 (simulasi pengolahan sampah, kebun jambu, tanaman pangan dari hutan, pembibitan, kampung Jawa tempo dulu, panggung terbuka, kebun bunga dan *spot* foto, aneka satwa, tempat makan, arena bermain keluarga, toilet) dan Zona 3 (sekolah pertanian alami, bumi perkemahan, area *outbound*, museum edukasi, lumbung pangan, kolam ikan konsumsi, sekertariat, toilet, pengolahan limbah cair, kantin). Rancangan visual 3D Desa Wisata Banjaran dapat dilihat pada Gambar 2.

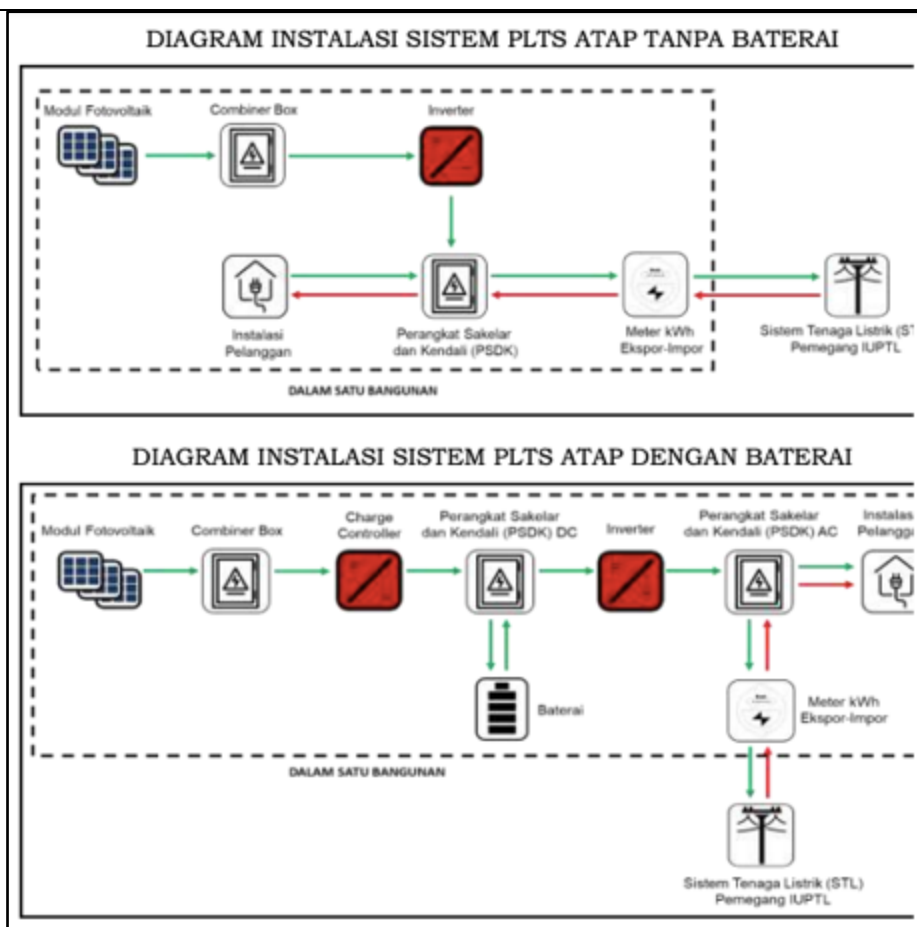


Gambar 2. Rancangan 3D Desa Wisata Banjaran

Rooftop Solar Panel

Sistem pembangkit listrik tenaga surya atap yang selanjutnya disebut sistem *rooftop solar panel* adalah proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul *photovoltaic* (Russell & Kern, 1990) yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik konsumen PT Perusahaan Listrik Negara. PV dapat dikategorikan sebagai investasi alat energi baru terbarukan, sehingga biaya akan dicatat saat ini dan manfaat akan timbul di periode-periode mendatang.

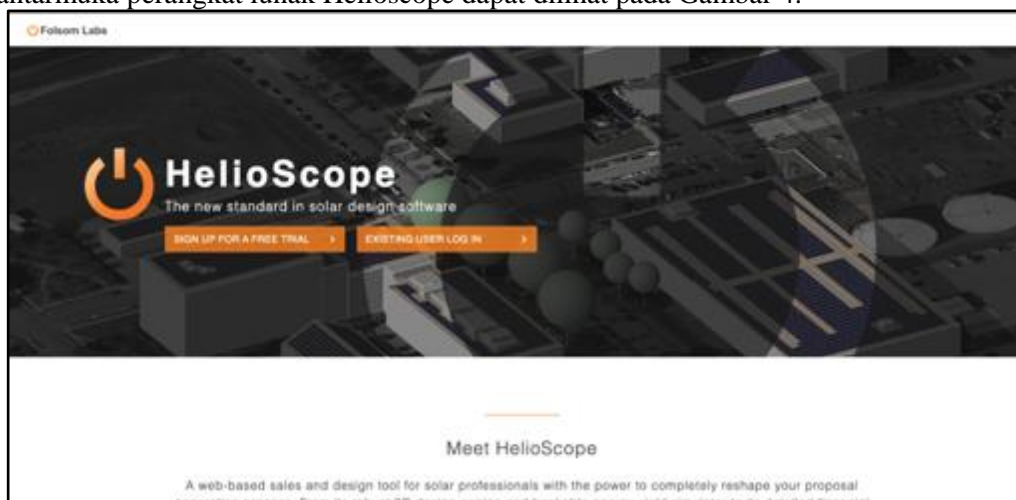
Komponen utama dari *rooftop solar panel* adalah panel surya dan inverter. Ketika *rooftop solar panel* menghasilkan energi maka dapat dikumpulkan di dalam baterai (sistem tenaga *on-grid*), atau jika menghasilkan energi melebihi kebutuhan listrik, maka energi dapat diekspor ke jaringan PLN sehingga nantinya dapat mengurangi tagihan listrik yang dibebankan ke konsumen [8]. Sebaliknya, ketika malam hari PLTS tidak menghasilkan listrik, maka konsumen akan mengimpor energi listrik dari jaringan PLN. Ketentuan pemasangan *rooftop solar panel* antara lain adalah kapasitas *rooftop solar panel* yang dipasang tidak boleh melebihi besaran daya terpasang konsumen PLN. Pada Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021, nilai energi yang diekspor adalah 100% dari nilai energi yang diimpor. Ketentuan mengenai pemasangan *rooftop solar panel* diatur dalam Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021. Diagram instalasi sistem *rooftop solar panel* atau PLTS Atap sesuai Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Instalasi Sistem PLTS Atap atau *Rooftop Solar Panel*, Lampiran Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021

Helioscope

Helioscope merupakan perangkat lunak/ berbasis web yang digunakan untuk melakukan analisis teknis untuk sistem PLTS. Helioscope menawarkan fitur kelengkapan data mengenai sumber potensi energi Matahari, *dataset* dari panel surya dan *inverter*. Helioscope juga dapat melakukan analisis bayangan untuk memperkirakan kerugian yang diakibatkan dari bayangan yang ada. Dalam penelitian ini Helioscope digunakan untuk mendesain tata letak dan memperkirakan energi yang dihasilkan dari sistem PLTS yang ada. Tampilan antarmuka perangkat lunak Helioscope dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Laman perangkat lunak Helioscope[9]

Net Metering

Net Metering merupakan skema pembayaran tagihan listrik di mana penyedia listrik mengakomodir konsumen untuk menjual daya ke jaringan dengan harga tertentu. Secara efektif, dan seringkali secara harfiah, meteran listrik konsumen dapat berjalan mundur saat konsumen menjual kelebihan daya ke jaringan. Pada akhir periode penagihan (baik bulanan atau tahunan), konsumen akan dikenakan biaya untuk jumlah bersih (net) yang dibeli (pembelian dikurangi penjualan). Jika nilai "pembelian jaringan bersih" negatif, artinya konsumen menjual lebih banyak daripada yang konsumen beli selama periode penagihan, penyedia listrik dapat membayar konsumen sesuai dengan harga jual kembali, yang biasanya sama dengan tarif listrik atau nol [10]. Di Indonesia, skema *net metering* diatur dalam Permen ESDM Nomor 26 tahun 2021 yakni nilai ekspor listrik adalah 100% dari tarif impor listrik. Peraturan tersebut memperbaharui peraturan sebelumnya yaitu Permen ESDM Nomor 49 tahun 2018 [11] yang mana nilai ekspor listrik hanya 65% dari tarif impor listrik.

Payback Period

Secara umum, Payback periode merupakan besaran periode (tahun) yang dibutuhkan untuk menutupi total investasi yang dikeluarkan di awal. Pada awalnya sebuah proyek menginvestasikan sejumlah dana, kemudian akan mendapatkan arus kas atau manfaat dari investasi tersebut. Pada kajian ekonomi penerapan teknologi, teknologi dianggap layak jika usia teknologi dan waktu pengembalian modal menguntungkan, dan pada analisis SPP dipengaruhi oleh kenaikan tarif listrik [12]. Singkatnya, *Payback Period* merupakan jumlah periode (biasanya dinyatakan dalam "Tahun") yang diperlukan agar pendapatan kumulatif sama dengan nilai investasi awal. Adapun pengukuran *Payback Period* dilakukan dengan formula Harga Perolehan (Investasi awal) dibagi dengan Arus kas bersih kemudian dikalikan 1 tahun.

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi awal proyek}}{\text{Arus kas atau manfaat bersih}} \times 1 \text{ tahun}$$

Return of Assets

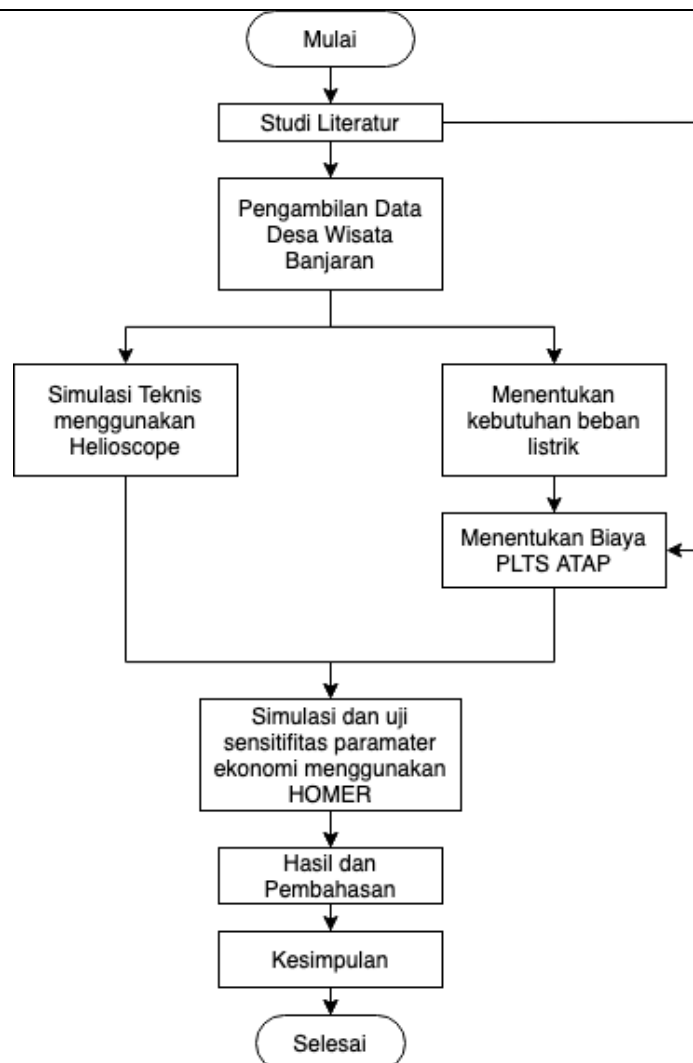
ROA (*Return on Assets*) merupakan rasio yang menunjukkan seberapa efektif perusahaan dapat memperoleh pengembalian atau manfaat ekonomis atas investasi dalam bentuk aset. Dengan kata lain, rasio ini menunjukkan seberapa efektif manfaat ekonomis yang dihasilkan aset, yang salah satunya berbentuk pengurangan beban listrik [13]. Adapun nilai aset selalu mengalami penurunan atau terdepresiasi setiap tahunnya. Penentuan depresiasi tahunan harus mempertimbangkan 1) umur ekonomis aset tetap, dan 2) nilai residu (*salvage value*). Adapun pengukuran *Return on Assets* dilakukan dengan formula Arus kas atau manfaat bersih yang dihasilkan aset dibagi dengan total aset tetap.

$$\text{ROA (Return of Assets)} = \frac{\text{ arus kas atau manfaat bersih yang dihasilkan aset}}{\text{total aset tetap}}$$

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah menggunakan simulasi perangkat lunak Helioscope untuk menganalisis aspek teknis dari *rooftop solar panel*. Dari analisis teknis ini akan diketahui estimasi besaran energi yang dihasilkan dari *rooftop solar panel*. Data teknis yang meliputi luasan yang dimungkinkan dipasang *rooftop solar panel* dan kebutuhan listrik diperoleh dari data teknis Desa Wisata Banjaran.

Dari besaran energi yang dihasilkan oleh *rooftop solar panel* ini nantinya akan dihitung aspek ekonomi yang meliputi ROA dan Payback Period. Simulasi lain yang dilakukan yaitu uji sensitifitas dengan melakukan variasi terhadap besaran beban listrik, kapasitas *rooftop solar panel* dan skema *net metering*. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir Simulasi tekno-ekonomi Desa Wisata Banjaran

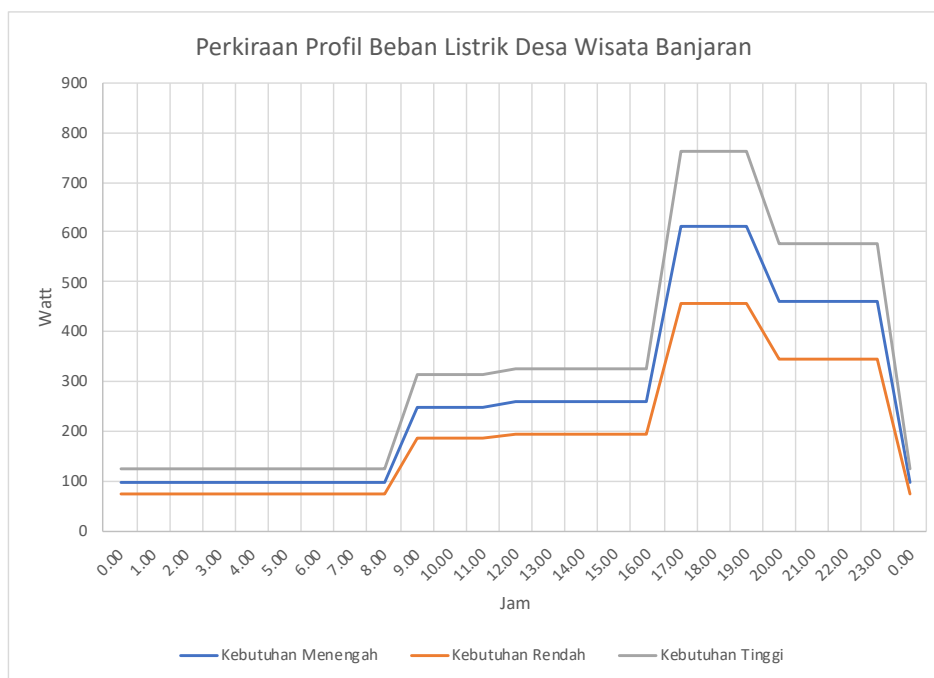
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Listrik Desa Wisata Banjaran

Penentuan kapasitas *rooftop solar panel* harus didasarkan pada kebutuhan beban listrik. Sesuai dengan regulasi Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021, kapasitas *rooftop solar panel* dibatasi maksimal sebesar daya terpasang konsumen PLN. Karena Desa Wisata Banjaran masih dalam tahap pembangunan, maka untuk kebutuhan listriknya didapat dari perkiraan peralatan-peralatan listrik yang ada di Desa Wisata Banjaran. Dalam simulasi ini juga akan dilakukan uji sensitifitas kebutuhan beban, sehingga dibuat skenario kebutuhan listrik rendah (75%), sedang (100%) dan tinggi (125%). Tabel perkiraan kebutuhan listrik dan karakteristik beban harian Desa Wisata Banjaran dapat dilihat berturut turut pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Tabel 1 Kebutuhan Listrik Desa Wisata Banjaran

Kebutuhan	Daya total (watt)	Durasi per hari(jam)	Kebutuhan Energi harian (kWh/hari)		
			Rendah	Sedang	Tinggi
Penerangan	350	7			
Kulkas	70	24			
Perangkat TV, Komputer	150	11	4,965	6,62	8,275
lain-lain	30-40	24			



Gambar 6. Simulasi profil beban listrik Desa Wisata Banjaran

Konfigurasi dan Tata Letak *Rooftop Solar Panel*

Tata letak bangunan yang memungkinkan dipasang *rooftop solar panel* yaitu zona 1 Desa Wisata Banjaran yang memiliki bangunan beratap. Untuk orientasi panel surya, secara umum untuk bagian Indonesia yang terletak di bumi bagian selatan (Yogyakarta) harus dihadapkan ke arah utara untuk memperoleh hasil yang optimal. Untuk kemiringan panel surya disesuaikan dengan kemiringan atap agar memudahkan pemasangan, yaitu 20° . Potensi peletakan panel surya di Desa Wisata Banjaran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Potensi Letak Panel Surya

Untuk pemasangan *rooftop solar panel* kapasitas $4 \times 310 \text{ WP (Watt Peak)} = 1.240 \text{ WP} = 1,24 \text{ kWP}$ (daya terpasang PLN 1300VA) cukup menggunakan bangunan gedung kantor yang terletak di bagian timur Zona 1. Untuk *rooftop solar panel* kapasitas $7 \times 310 \text{ WP} = 2.170 \text{ WP} = 2,17 \text{ kWP}$ harus diletakkan di Gedung Hall yang letaknya di tengah Zona 1 karena jumlahnya yang tidak bisa tertampung jika dipasangkan di gedung kantor. Peletakan panel surya sistem 1300VA dan 2200VA berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Layout Rooftop Solar Panel 1300VA



Gambar 9. Layout Rooftop Solar Panel 2200VA

Untuk pemilihan jenis/merek inverter dan panel surya menyesuaikan dengan hasil studi literatur pihak installer *rooftop solar panel* yang tersedia, yaitu berturut-turut adalah Growatt dan Canadian Solar. Growatt MIC 1000TL-X untuk sistem 1300 Wp dan MIC 2000TL-X untuk sistem 2200 Wp. Inverter dan panel surya yang digunakan dalam simulasi *rooftop solar panel* dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Inverter Growatt MIC 1000TL-X dan MIC 2000TL-X



Gambar 11. Panel Surya Canadian CS3k-310MB-AG (310 Wp)

Biaya Rooftop Solar Panel

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui biaya *rooftop solar panel*. Biaya instalasi *rooftop solar panel* merujuk pada daftar harga pihak *installer rooftop solar panel* di daerah lokasi Desa Wisata Banjaran. Didapatkan biaya modal awal (*capital cost*) sebesar Rp23.000.000,00 untuk sistem 1300VA dan Rp33.000.000,00 untuk sistem 2200VA. Untuk biaya perawatan *rooftop solar panel* diestimasi sebesar 1% dari *capital cost* [14]. Daftar harga dari brosur *installer PLTS on grid* atau *rooftop solar panel* di D.I. Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 12.

DAFTAR HARGA PLTS ON-GRID

Kapasitas	Luas Lahan Minimal	Estimasi Penghematan	Harga
1 kW - 1 Phase	± 6m ²	± Rp. 2.600.000	Rp 23.000.000
2 kW - 1 Phase	± 10m ²	Rp. 3.000.000	Rp 33.000.000
3 kW - 1 Phase	± 12m ²	Rp. 3.500.000	Rp 45.000.000
5 kW - 1Phase/ 3 Phase	± 30m ²	Rp. 9.000.000	Rp 72.000.000

Gambar 12. Brosur Harga *Rooftop Solar Panel* di daerah D.I. Yogyakarta [15]

Potensi Energi Matahari

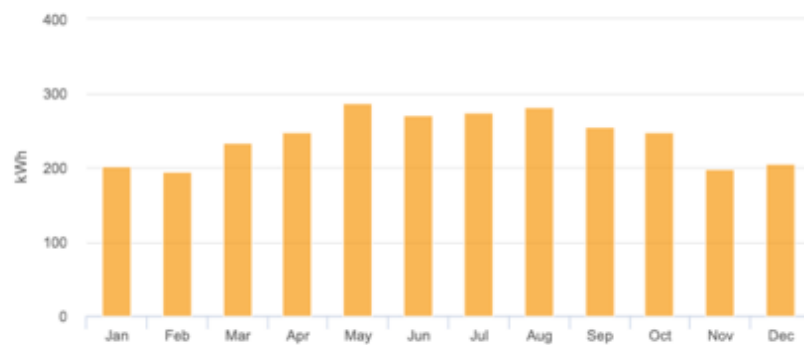
Berdasarkan lokasi Desa Wisata Banjaran, potensi energi matahari tahunan yang dimiliki yaitu sebesar 1.639,2 kWh/m². Data tersebut diperoleh dari simulasi Helioscope dengan sumber data cuaca dari Meteonorm. Data potensi energi matahari di daerah Desa Wisata Banjaran dapat dilihat pada Gambar 13.

⚡ Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,692.0	
	POA Irradiance	1,730.7	2.3%
	Shaded Irradiance	1,730.7	0.0%
	Irradiance after Reflection	1,672.7	-3.4%
	Irradiance after Soiling	1,639.2	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,639.2	0.0%

Gambar 13. Potensi Energi Matahari di Lokasi Desa Wisata Banjaran

Energi Yang Dihasilkan *Rooftop Solar Panel*

Simulasi dilakukan dengan dua daya terpasang PLN yang berbeda, yaitu 1300VA (1,24 kWP) dan PLN 2200VA (2,17 kWP). Pada *rooftop solar panel* untuk daya 1300VA menghasilkan energi listrik sebesar 1.655 kWh per tahun (4,53 kWh per hari), sedangkan untuk 2200VA menghasilkan 2.898 kWh per tahun (7,94 kWh per hari). Besaran produksi listrik bulanan *rooftop solar panel* untuk daya 1300VA dan 2200VA berturut turut ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.

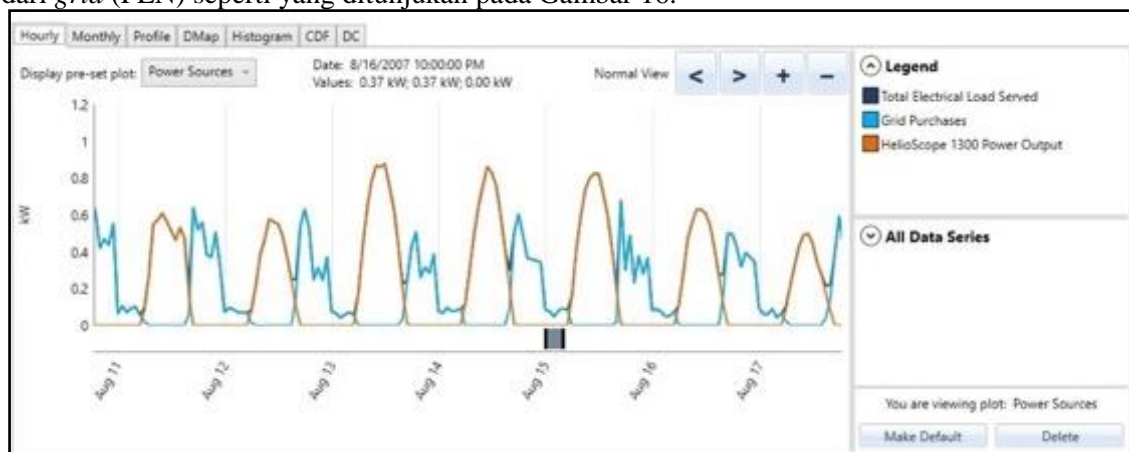


Gambar 14. Produksi energi rooftop solar panel sistem 1300VA



Gambar 15. Produksi energi rooftop solar panel sistem 2200VA

Berdasarkan kebutuhan beban listrik dan energi listrik yang dihasilkan dari rooftop solar panel, maka dapat digambarkan kurva daya kebutuhan beban, daya yang dihasilkan rooftop solar panel dan energi yang diimpor dari grid (PLN) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil simulasi daya kebutuhan beban, daya yang dihasilkan rooftop solar panel dan energi yang diimpor dari grid (jaringan PLN) dalam waktu harian

ROA dan Payback Period

Uji sensitivitas dilakukan dalam simulasi rooftop solar panel dikarenakan Desa Wisata Banjaran belum sepenuhnya beroperasi maksimal sehingga diharapkan dari variasi pengujian ini nantinya dapat dijadikan rujukan analisis keekonomiannya. Parameter tetapnya yaitu tarif listrik jaringan PLN Rp1444,70/kWh [16], depresiasi sebesar Rp756.000 per tahun untuk PLTS 1300VA dan Rp1.056.000 per tahun untuk 2200VA.

Simulasi depresiasi dan operasional PLTS dilakukan dengan asumsi proyek *rooftop solar panel* memiliki umur ekonomis aset selama 25 tahun dan *salvage value* atau nilai residu aset sebesar 20% dari investasi awal [17].

Berdasarkan asumsi di atas, ROA Solar PV 1300VA berada pada rentang 9,40% sampai dengan 40,51% per tahun, sedangkan ROA Solar PV 2200VA berada pada rentang 11,69% sampai dengan 50,39% per tahun. Titik terendah (9,40% dan 11,69%) berada pada tahun ke-1 dan titik tertinggi (40,51% dan 50,39%) berada pada tahun ke-25. Rentang yang besar tersebut disebabkan oleh:

- 1) asumsi energi yang dihasilkan Rooftop Solar PV dari tahun ke-1 hingga tahun ke-25 berada pada level yang konstan,
- 2) harga listrik tidak mengalami perubahan hingga 25 tahun ke depan, dan
- 3) adanya depresiasi Rooftop Solar PV setiap tahun.

Parameter yang divariasikan adalah kapasitas *rooftop solar panel* (menyesuaikan dengan kebutuhan listrik) dan kebutuhan listrik. Hasil uji sensitivitas *rooftop solar panel* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji sensitivitas simulasi *rooftop solar panel* di Desa Wisata Banjaran

Kapasitas <i>Rooftop Solar Panel</i>	Capital Cost (Rp)	Skema Sellback tarif (% Tarif beli)	Konsumsi Listrik (kWh/hari)	ROA (%)	Payback (tahun)	Tarif PLN (Rp/kWh)	Kontribusi terhadap kebutuhan sendiri (self-consume)	Kontribusi terhadap PLN (Ekspor)	
1300 VA	23.000.000	100% (Permen ESDM No 26 th 2021)	Rendah	4,97	9,4 s/d 40,5	10,6	1.445	36,2%	63,8%
			Menengah	6,62				46,3%	53,7%
			Tinggi	8,28				55,4%	44,6%
2200 VA	33.000.000	100% (Permen ESDM No 26 th 2021)	Rendah	4,97	11,7 s/d 50,4	8,5	1.445	63,5%	36,5%
			Menengah	6,62				69,2%	30,8%
			Tinggi	8,28				74,4%	25,6%

Pengesahan Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 menjadikan investasi Rooftop Solar PV menjadi sangat ekonomis. Dari hasil simulasi pengujian uji sensitivitas didapatkan hasil bahwa *rooftop solar panel* akan menjadi sangat ekonomis ketika kebutuhan listriknya rendah (4,97 kWh/hari), kapasitas *rooftop solar panel* 1300VA. Dari data di atas juga dapat dibuktikan bahwa skema *net metering* dengan tarif ekspor listrik sebesar 100% dari tarif impor listrik akan lebih menguntungkan bagi konsumen PLN dari pada skema *net metering* sebelumnya (tarif ekspor listrik hanya 65% dari tarif impor listrik). Hasil dari simulasi paling ekonomis tersebut didapatkan dengan memasang Rooftop Solar PV 2200VA. Rooftop 2200VA memiliki ROA yang lebih ekonomis dibandingkan Rooftop 1300VA. Selain itu, Payback Period Rooftop 2200VA juga relatif singkat dibanding 1300VA. Namun perlu diperhatikan bahwa secara teknis Rooftop 2200VA membutuhkan 66,7% area yang lebih luas dibanding Rooftop 1300VA (10 m² berbanding 6 m²) sehingga pemasangan Rooftop 2200VA tidak *visible* untuk dipasang di seluruh bangunan beratap di Desa Wisata Banjaran.

KESIMPULAN

Desa Wisata Banjaran sebagai objek wisata berkonsep ramah lingkungan (*ecotourism*) cocok untuk mengaplikasikan *rooftop solar panel* sebagai penerapan energi bersih sekaligus sarana edukasi. Dari penelitian ini, telah disimulasikan penerapan *rooftop solar panel* di Desa Wisata Banjaran, dengan kebutuhan beban listrik 4,97-8,28 kWh/hari diperoleh *payback period* 10,6 tahun untuk 1300VA dan 8,5 tahun untuk 220VA, ROA 9,40%-40,51% untuk 1300VA dan 11,69%-50,39% untuk 2200VA, kontribusi *self-consume* 36,2%-74,4% dan ekspor ke jaringan PLN 25,6%-63,8%, dengan menyisakan *salvage value* sebesar 20% dari biaya investasi. Kebijakan *net metering* pada Permen ESDM nomor 26 Tahun 2021 yang memberi nilai ekspor energi sebesar 100% dari tarif listrik lebih menguntungkan bagi konsumen *rooftop solar panel* PLN dibanding dengan kebijakan sebelumnya (Permen ESDM nomor 49 tahun 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “UU Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention On Climate Change (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim).” Oktober 2016.
- [2] Kementrian ESDM, “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional.” 2 Maret 2017.
- [3] P. D. BMKG, “DATA ONLINE - PUSAT DATABASE - BMKG.” https://dataonline.bmkg.go.id/akses_data (diakses 30 November 2021).
- [4] R. A. Messenger dan J. Ventre, *Photovoltaic Systems Engineering*, 2 ed. CRC Press, 2003. Diakses: 30 November 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=5d5e8b05ac09a640008d012ef05171ed>
- [5] L. Chandra dan S. Chanana, “Energy Management of Smart Homes with Energy Storage, Rooftop PV and Electric Vehicle,” *2018 IEEE Int. Stud. Conf. Electr. Electron. Comput. Sci. SCEECS*, 2018, doi: 10.1109/SCEECS.2018.8546857.
- [6] Kementrian ESDM, “Permen ESDM No 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum.” Agustus 2021.
- [7] “Home - Bumdes Guwosari Maju Sejahtera,” 27 Februari 2017. <https://guwosarimajusejahtera.id/> (diakses 19 Oktober 2021).
- [8] J. Kakkattukunnumal, N. Das, dan E. Palmer, “Techno-Economic Performance Analysis of Grid-tie and Standalone PV System in Victoria,” dalam *2019 29th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*, 2019, hlm. 1–6. doi: 10.1109/AUPEC48547.2019.211860.
- [9] “HelioScope: Advanced Solar Design Software.” <https://www.helioscope.com/> (diakses 22 Oktober 2021).
- [10] “Net Metering.” https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/net_metering.html (diakses 19 Oktober 2021).
- [11] Kementrian ESDM, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).” 16 November 2018.
- [12] S. loh Tangwe dan M. Simon, “Quantification of the viability of residential air source heat pump water heaters as potential replacement for geysers in South Africa,” *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 17, no. 2, hlm. 456–470, Jan 2019, doi: 10.1108/JEDT-05-2017-0042.
- [13] P. H. Rao, “Performance Assessment Of Housing Finance Companies In India,” *Vol XXIV Issue I*, 2018.
- [14] D. Almada dan M. A. Z. Muttaqin, “Analisa dan Perbandingan PLTS on Grid yang Terpasang di Atap Gedung Utama PT Subur Semesta dengan Plts On Grid yang Bergerak Mengikuti Arah Matahari,” *Resist. Elektron. Kendali Telekomun. Tenaga List. Komput.*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Des 2020, doi: 10.24853/resistor.3.2.57-60.
- [15] “Belanja Kebutuhan PLTS,” *Sylendra Power*. <https://sylendrapower.com/store/> (diakses 22 Oktober 2021).
- [16] “Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (Tariff Adjustment) Bulan Juli-September 2021.” Juli 2021.
- [17] B. Anand dan S. Murugavelh, “Techno-economic analysis of solar trigeneration system,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 312, hlm. 012030, Okt 2019, doi: 10.1088/1755-1315/312/1/012030.

Biodata Penulis

Bayu Seto, memperoleh gelar Magister Akuntansi di Program Studi Magister Akuntansi Universitas Gadjah Mada. Dosen tetap di Program Studi Akuntansi Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta.

Wahyu Edifikar, memperoleh gelar *Master of Engineering* Program Studi Magister Akuntansi Universitas Gadjah Mada. Dosen tetap di Program Studi Teknik Elektro Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta.

Andra Tersiana Wati, memperoleh gelar *Master of Science* Program Studi Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada. Dosen tetap di Program Studi Teknologi Hasil Pangan Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta.

Eriko Arvin Karuniawan, memperoleh gelar *Master of Engineering* Program Studi Magister Akuntansi Universitas Gadjah Mada. Dosen tetap di Program Studi Teknik Elektro Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta.