

## STUDI PERANCANGAN PLTS ON-GRID 1200WP DITINJAU TEKNIK DAN EKONOMIS DI PONDOK PESANTREN TANBIHUL GHOFILIN BANJARNEGARA

**Jaka Windarta<sup>1</sup>, Denis<sup>2</sup>, Ayu Inka Avinda<sup>2</sup>, Irfan Arif Kusuma<sup>2</sup>, Ali Firmansyah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Magister Energi, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

[jakawindarta@lecturer.undip.ac.id](mailto:jakawindarta@lecturer.undip.ac.id) , [denis@lecturer.undip.ac.id](mailto:denis@lecturer.undip.ac.id) , [inka@students.undip.ac.id](mailto:inka@students.undip.ac.id) ,  
[irfanarifkusuma@students.undip.ac.id](mailto:irfanarifkusuma@students.undip.ac.id) , [ali@students.undip.ac.id](mailto:ali@students.undip.ac.id)

### Abstrak

Pertumbuhan permintaan listrik diperkirakan akan mencapai 2.214 TWh pada tahun 2050, hampir sembilan kali lipat dari kebutuhan listrik sebesar 25,6 TWh pada tahun 2018. Permintaan listrik di sektor rumah tangga diperkirakan akan meningkat dari 49% pada 2018 menjadi 58% pada 2050. Masalah ini terutama disebabkan oleh peningkatan jumlah rumah tangga, yang dapat meningkat dari 67 juta pada 2018 menjadi sekitar 80 juta pada tahun 2050. Sumber energi yang paling banyak dimanfaatkan oleh teknologi penunjang kehidupan manusia saat ini adalah energi listrik. Semua aspek dalam kehidupan masyarakat tidak lepas dari energi listrik begitupula lingkungan pondok pesantren. Sebagai salah satu lembaga pendidikan yang ada di Indonesia, Pondok Pesantren mengonsumsi energi listrik yang banyak karena penggunaannya mencakup kebutuhan sehari-hari para santri. Oleh karena itu pondok pesantren membutuhkan listrik yang besar dibanding lembaga pendidikan lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan teknik dan ekonomis sistem fotovoltaik atap dengan sistem on-grid 1200 WP di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin. Dengan menggunakan perangkat lunak *PVsyst 7.2* dan *RetScreen*, perancangan pembangkit listrik tenaga surya dan rencana investasi untuk instalasi surya atap berkapasitas 1200 WP ini dapat menghasilkan kelayakan teknis dengan rasio kinerja 81,8% serta memiliki NPV sebesar Rp 14.182.202 dan nilai balik modal 11,6 tahun.

**Kata Kunci :** Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Teknik, Ekonomis, *PVsyst 7.2*, *RetScreen*

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan permintaan listrik diperkirakan akan mencapai 2.214 TWh pada tahun 2050, hampir sembilan kali lipat dari kebutuhan listrik sebesar 25,6 TWh pada tahun 2018. Tingkat pertumbuhan rata-rata tahunan permintaan listrik dari 2018 hingga 2050 adalah 7%. Sumber energi yang paling banyak dimanfaatkan oleh teknologi

penunjang kehidupan manusia saat ini adalah energi listrik. Semua aspek dalam kehidupan masyarakat tidak lepas dari energi listrik begitupula lingkungan pondok pesantren. Sebagai salah satu lembaga pendidikan yang ada di Indonesia, Pondok Pesantren mengonsumsi energi listrik yang tidak sedikit karena penggunaannya mencakup kebutuhan sehari-hari para santri meliputi kebutuhan air, lampu, sarana prasarana lain. Oleh karena itu

pondok pesantren membutuhkan kebutuhan listrik yang lebih besar dibanding lembaga pendidikan lain. Kebutuhan listrik terus tumbuh dengan pesat dibandingkan dengan jenis energi lainnya. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut. Indonesia memiliki total potensi energi terbarukan ekuivalen 442 GW yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik. Dengan potensi energi surya yang sangat tinggi di Indonesia dan dukungan dari regulator pemerintah, penggunaan sel surya sebagai sumber energi akan menjadi solusi atas tingginya kebutuhan listrik Indonesia di masa mendatang. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan aplikasi yang menggunakan energi terbarukan dan matahari sebagai sumber energi utamanya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu mengurangi beban tagihan listrik di ponpes Tanbihul Ghofilin serta merancang dan menganalisis potensi sistem PV atap 1200 WP dengan sistem *on-grid* ditinjau dari analisis teknis dan ekonomi menggunakan perangkat lunak *PVSyst 7.2* dan *RetScreen*. Dengan adanya Pemasangan PLTS di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin, diharapkan akan didapat keuntungan antara lain: sebagai supply daya listrik yang dapat mengurangi biaya operasional mengingat PLTS yang dibangun adalah PLTS on grid sehingga dapat sinkron dengan PLN serta dapat menjadi contoh Pondok Pesantren yang menerapkan pemakaian energi yang ramah lingkungan.

**METODE**

**1. Lokasi Penelitian**

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan pembangkit listrik tenaga surya skala rumah tangga di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin Kabupaten Banjarnegara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

**2. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi yaitu penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang akan dijadikan bahan dasar dalam perancangan PLTS.

**3. Komponen yang diperlukan**

Komponen utama yang akan ditentukan adalah panel surya dan inverter. Pada komponen panel surya memiliki sepuluh alternatif pilihan dengan satu inverter. Alternatif pilihan untuk panel surya adalah panel surya dengan tipe polycrystalline dan monocrystalline yang masing-masing memiliki daya 1200 Wp. Sedangkan alternatif untuk inverter yang akan dipilih adalah inverter solis mini 1500 4G memiliki kapasitas 1500Watt dengan efisiensi maksimal sebesar 97,2%. Adapun alternatif komponen untuk PLTS yang akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak *PVSyst 7.2* untuk disimulasikan dalam perencanaan PLTS atap adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya variasi 1-5 tipe *polycrystalline*

Spesifikasi	V1	V2	V3	V4	V5
Daya Maksimum (Pmax)	100 W	120 W	150 W	200 W	300 W
Tegangan Open Circuit (Voc)	21,6 V	21,6 V	21,6 V	43,2 V	43,4 V
Arus Short Circuit (Isc)	6,46 A	7,72 A	9,7 A	6,5 A	9,72 A
Tegangan Maks. (Vmp)	17,2 V	17,2 V	17,2 V	34,4 V	36,2 V
Arus Maks. (Imp)	5,81 A	6,98 A	8,72 A	5,81 A	8,28 A
Modul Efisiensi (%)	13,17	14,29	14,81	14,40	15,46
Dimensi (mm x mm)	1062 x 715	1244 x 675	1500 x 675	1400 x 992	1956 x 992

Tabel 2. Spesifikasi panel surya variasi 6-10 tipe *monocrystalline*

Spesifikasi	V6	V7	V8	V9	V10
Daya Maksimum (Pmax)	100 W	150 W	200 W	300 W	400 W
Tegangan Open Circuit (Voc)	21,6	21,6	43,2	44,4	49,44
Arus Short Circuit (Isc)	6,46 A	9,7 A	6,09 A	8,99 A	10,86 A
Tegangan Maks. (Vmp)	17,2	17,2	35,2	36,7	40,36
Arus Maks. (Imp)	5,81 A	8,72 A	5,69 A	8,17 A	9,92 A
Modul Efisiensi (%)	15,47	14,81	15,67	15,46	19,83
Dimensi (mm x mm)	1195 x 541	1500 x 675	1580 x 808	1956 x 992	2025 x 996

Tabel 3. Spesifikasi Inverter Solis Mini 1500 4G

Spesifikasi	Nilai
<b>Input DC</b>	
Daya Array Surya Maksimal	1800 W
Tegangan DC Maksimal	600 V
Tegangan Start	60 V
Arus Masukan Maksimal	11 A
Rentang Tegangan MPPT	50-500 V
<b>Output AC</b>	
Daya Keluaran Terukur	1500 W
Daya Keluaran Maksimal	1700 W
Rentang Tegangan Grid Nominal	220/230 V
Arus Keluaran Maksimal	8,1 A
<b>Data Umum</b>	
Efisiensi Maksimal	97,2%
Dimensi (mm)	310 x 373 x 160

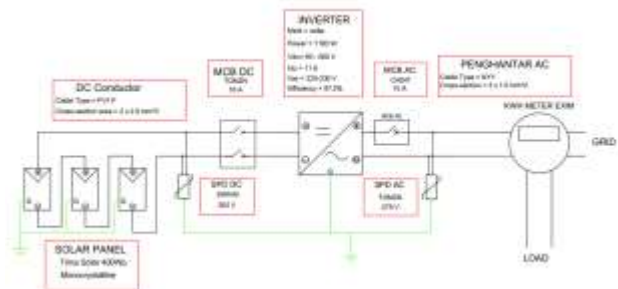
Berdasarkan alternatif komponen diatas, maka PLTS atap yang akan disimulasikan memiliki sepuluh alternatif konfigurasi yang dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Variasi konfigurasi komponen PLTS

Var.	Panel Surya	Inverter	Konfigurasi Array
1	Solarland Poly 100 Wp Voc (21,6V) Isc (6,46A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	12 modul seri Voc (259,2 V) Isc (6,46 A)
2	Solarland Poly 120 Wp Voc (21,6V) Isc (7,72A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	10 modul seri Voc (216 V) Isc (7,72 A)

Var.	Panel Surya	Inverter	Konfigurasi Array
<b>Tabel 4 (Lanjutan)</b>			
3	Solarland Poly 150 Wp Voc (21,6V) Isc (9,7A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	8 modul seri Voc (172,8 V) Isc (9,7 A)
4	Solarland Poly 200 Wp Voc (43,2V) Isc (6,5A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	6 modul seri Voc (259,2 V) Isc (6,5 A)
5	Shinyoku Poly 300 Wp Voc (43,4V) Isc (9,72A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	4 modul seri Voc (173,6 V) Isc (9,72 A)
6	Solarland Mono 100 Wp Voc (21,6V) Isc (6,46A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	12 modul seri Voc (259,2 V) Isc (6,46 A)
7	Solarland Mono 150 Wp Voc (21,6V) Isc (9,7A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600V) Max Iin (11A)	8 modul seri Voc (172,8 V) Isc (9,7 A)
8	Solarland Mono 200 Wp Voc (43,2 V) Isc (6,09 A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600 V) Max Iin (11 A)	6 modul seri Voc (259,2 V) Isc (6,09 A)
9	Solarland Mono 300 Wp Voc (44,4 V) Isc (8,99 A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600 V) Max Iin (11 A)	4 modul seri Voc (177,6 V) Isc (8,99 A)
10	OSDA Mono 400 Wp Voc (49,44 V) Isc (10,86 A)	Solis Mini 1500-4G Max Vin (600 V) Max Iin (11 A)	3 modul seri Voc (148,32 V) Isc (10,86 A)

Setelah diperoleh alternatif konfigurasi inverter dan array dari masing – masing variasi, pada gambar 2 berikut ini merupakan contoh single line diagram untuk variasi 10.

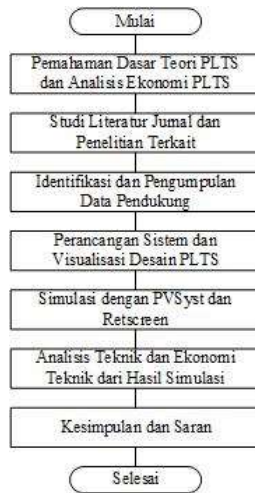


Gambar 2. Single line diagram dari variasi 10

#### 4. Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, perangkat lunak PVsyst digunakan untuk mengetahui performa suatu pembangkit listrik tenaga surya dan sebagai alat untuk melakukan analisa teknikal, sedangkan perangkat lunak Retscreen digunakan untuk

mengevaluasi produk energi dan biaya siklus hidup dari energi terbarukan. *Flowchart* penelitian yang berjudul “Studi Perancangan PLTS On-Grid 1200wp Ditinjau Teknik dan Ekonomis di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin Banjarnegara” dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. *Flowchart* penelitian

### 5. Tahap Penelitian

Beberapa tahap yang dilaksanakan selama penelitian, sebagai berikut:

- Pemahaman dasar teori dan studi literatur  
Melakukan analisis mengenai studi terkait dengan maksud mengidentifikasi serta mengevaluasi permasalahan, hambatan, kesempatan dan kebutuhan yang diperlukan untuk penelitian.
- Pengumpulan data  
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan penelitian.
- Simulasi pada perangkat lunak  
Setelah dilakukan pengumpulan data, pada tahap ini dilakukan perancangan konsep yang dibutuhkan dan simulasi pada perangkat lunak yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

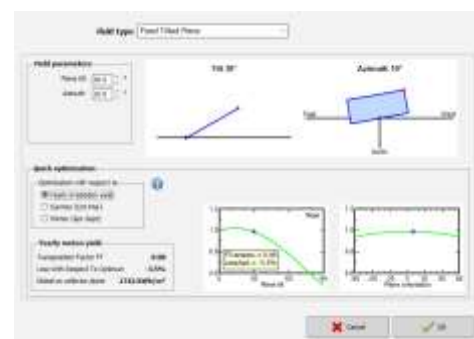
- Hasil Pengumpulan Data

Tabel 5. Data insolasi, suhu, diffuse radiation dan kecepatan angin di Banjarnegara

Bulan	Radiasi (kWh/m <sup>2</sup> /hari)	Suhu (°C)	Data	
			Diffuse Radiation (kWh/m <sup>2</sup> /hari)	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	4,33	25,1	2,34	2,67
Februari	4,52	25,1	2,39	2,66
Maret	4,58	25,4	2,32	2,08
April	4,65	25,7	2,07	1,88
Mei	4,61	25,5	1,78	2,18
Juni	4,43	24,7	1,65	2,46
Juli	4,65	23,9	1,67	2,73
Agustus	4,94	23,8	1,87	2,92
September	5,19	24,7	2,13	2,9
Oktober	4,96	25,6	2,36	2,53
November	4,46	25,6	2,34	2,15
Desember	4,6	25,3	2,32	2,32
<b>Rata – Rata</b>	<b>4,66</b>	<b>25,0</b>	<b>24,59</b>	<b>2,46</b>

Seperti pada Tabel 5 diatas, lokasi penelitian memiliki rata – rata radiasi matahari tahunan sebesar 4,66 kWh/m<sup>2</sup>/hari, rata – rata kecepatan angin sebesar 2,46 m/s dan rata – rata temperatur wilayah Kota Banjarnegara didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Banjarnegara sebesar 25,0°C.

Berdasarkan kondisi di lokasi pemasangan, perencanaan PLTS menggunakan tipe penyangga tetap (*fixed tilted plane*) dengan kemiringan yang disesuaikan dengan kondisi atap yaitu sebesar 30° dan azimuth 10°.



Gambar 4. Orientasi dari panel surya

Perkiraan beban harian dilokasi penelitian dilakukan dengan cara observasi manual dan periodik guna mengetahui perkiraan beban harian

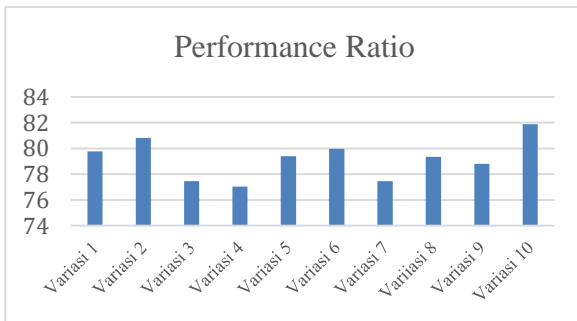


Berdasarkan hasil simulasi pada perangkat lunak PVSyst 7.2 dapat diperoleh perbandingan masing – masing variasinya seperti pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Perbandingan hasil simulasi PLTS atap 10 variasi

Variasi	Energi Listrik Keluaran Inverter (kWh)	Rasio Kinerja (%)
1	1657	79,76
2	1679	80,82
3	1610	77,47
4	1601	77,05
5	1649	79,39
6	1661	79,96
7	1610	77,47
8	1649	79,35
9	1637	78,79
10	1701	81,88

Pada Tabel 9 merupakan data yang diperoleh dari keluaran PVSyst 7.2 pada masing – masing variasi.



Gambar 6. Grafik performance ratio 10 variasi

Pada gambar 6, dapat dilihat grafik rasio kinerja masing – masing variasi, variasi dengan rasio terbesar adalah variasi 10 sebesar 81,88% dan variasi yang memiliki rasio kinerja terkecil adalah variasi 4 sebesar 77,05%.

**b. Analisis Ekonomis**

Kelayakan suatu investasi PLTS atap yang akan dirancang pada lokasi penelitian ditentukan berdasarkan *Net Present Value* (NPV) dan Metode *Payback Period* (PBP). Hasil simulasi dipengaruhi oleh biaya total investasi yang harus dikeluarkan,

biaya penghematan serta penjualan energi listrik, biaya operasional, *discount rate* dan nilai inflasi. Biaya total investasi masing-masing variasi didapat dari survey toko *offline* dan *online* di berbagai *e-commerce* di Indonesia sedangkan *discount rate* dan inflasi diperoleh dari laman resmi Bank Indonesia. Biaya investasi untuk masing-masing komponen pada perancangan system PLTS atap skala rumah tangga dari 1 sampai 10 di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Perbandingan biaya investasi awal PLTS masing-masing variasi

Variasi	Investasi Awal
1	Rp 34.804.930
2	Rp 34.099.625
3	Rp 33.540.400
4	Rp 33.564.892
5	Rp 31.054.428
6	Rp 35.284.982
7	Rp 34.740.400
8	Rp 34.467.908
9	Rp 34.054.428
10	Rp 25.599.598

Pada Tabel 10 diatas, harga investasi awal terdiri dari harga komponen utama yaitu panel surya dan inverter, harga komponen pendukung seperti penyangga panel surya, proteksi, kabel, *grounding*, dan biaya lainnya seperti kebutuhan komponen pelengkap serta jasa.

Menurut Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 tahun 2018 bab 3 pasal 6 ayat 1 disebutkan bahwa Energi listrik Pelanggan PLTS Atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh Ekspor yang tercatat pada meter kWh ekspor-impur dikali 65% (enam puluh lima persen). Karena pada bangunan lokasi penelitian termasuk kedalam golongan S2, sehingga tarif yang berlaku adalah Rp 1.444,7 /kWh. Sehingga 65% dari Rp 1444,7 /kWh adalah Rp 939 /kWh. Sehingga penghematan listrik dan penjualan listrik masing-masing variasi dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Perbandingan pendapatan sistem PLTS masing-masing variasi

Variasi	Jumlah Penghematan	Jumlah Penjualan	Total Pendapatan (per
---------	--------------------	------------------	-----------------------

	Energi Listrik (Per Tahun)	Energi Listrik (per Tahun)	Tahun)
1	1186	471	Rp 2.155.683,20
2	1202	477	Rp 2.184.432,40
3	1151	458	Rp 2.092.911,70
4	1145	456	Rp 2.082.365,50
5	1180	469	Rp 2.145.137,00
6	1189	472	Rp 2.160.956,30
7	1151	458	Rp 2.092.911,70
8	1180	469	Rp 2.145.137,00
9	1171	465	Rp 2.128.378,70
10	1218	483	Rp 2.213.181,60

Berdasarkan Tabel 11, penghematan energi listrik yang dimaksud adalah energi listrik yang dihasilkan panel surya dan dipakai sendiri untuk menyuplai kebutuhan beban sesuai dengan hasil simulasi pada perangkat lunak PVSyst 7.2. Sedangkan penjualan energi yang dimaksud adalah energi listrik yang dihasilkan panel surya dan disalurkan ke jaringan PLN. Untuk menghitung nilai NPV digunakan persamaan berikut.

$$PWB = \sum_{t=0}^n Cb_t(FBP)_t \quad (1)$$

$$PWC = \sum_{t=0}^n Cc_t(FBP)_t \quad (2)$$

$$NPV = PWB - PWC \quad (3)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai PBP digunakan persamaan sebagai berikut.

$$k_{(PBP)} = \sum_{t=0}^k Ck_t(FBP)_t \geq 0 \quad (4)$$

Dengan menggunakan keempat persamaan tersebut didapatkan nilai NPV dan PBP dengan menggunakan inflasi tahun 2020 sebesar 1,68% dan *discount rate* Juni 2021 sebesar 3,5% untuk masing-masing variasi seperti pada tabel 12 berikut.

Tabel 12. Perbandingan nilai NPV dan PBP masing-masing variasi

Variasi	Nilai NPV	Nilai PBP
1	Rp 1.983.786	16,3
2	Rp 3.405.642	15,7
3	Rp 2.245.103	16,2
Variasi	Nilai NPV	Nilai PBP
<b>Tabel 12 (Lanjutan)</b>		
4	Rp 2.004.700	16,3
5	Rp 6.273.831	14,6

6	Rp 1.513.202	16,5
7	Rp 804.940	16,8
8	Rp 2.177.206	16,2
9	Rp 2.350.036	16,1
10	Rp 14.182.202	11,6

Pada Tabel 12 dapat dilihat apabila nilai NPV > 0, investasi yang dilakukan memberikan manfaat dan proyek bisa dijalankan. Apabila nilai NPV < 0, investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian sehingga proyek akan ditolak. Apabila nilai NPV = 0, investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan untung maupun merugi. Berdasarkan tabel 12, terlihat nilai NPV masing-masing variasi bernilai lebih dari 0, sehingga dapat dikatakan bahwa investasi PLTS atap skala rumah tangga untuk masing-masing variasi sudah layak untuk dilaksanakan.

Berdasarkan tabel 12, nilai PBP pada masing-masing variasi bernilai kurang dari 25 tahun sehingga dapat dikatakan bahwa investasi PLTS atap skala rumah tangga untuk masing-masing variasi layak dilaksanakan, dimana investasi dengan nilai PBP terkecil adalah variasi 10 sebesar 11,6 sehingga investasi yang paling cepat mengalami balik modal adalah investasi variasi 10.

## KESIMPULAN

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang dirancang pada penelitian ini adalah sistem pembangkit yang terhubung dengan jaringan (*on-grid*). Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya ini memiliki 10 variasi yang masing-masing memiliki daya 1200 Wp dan inverter 1500 W. Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS atap skala rumah tangga yang dirancang pada lokasi penelitian ini berkisaran antara 1601 – 1701 kWh dengan rasio kinerja berkisar antara 77,05 – 81,88 %. Berdasarkan rasio kinerja yang diperoleh, variasi yang paling layak dilaksanakan berdasarkan hasil simulasi pada penelitian ini adalah variasi 10 dengan nilai rasio kinerja tertinggi sebesar 81,88%.

Berdasarkan analisis ekonomi Teknik yang dilakukan, investasi yang paling layak dilaksanakan adalah variasi 10, karena memiliki

nilai NPV terbesar, yaitu Rp 14.182.202 dan nilai PBP terkecil yaitu 11,6.

## REFERENSI

1. "Monetary Data Bank Indonesia." [Online]. Available: <https://www.bi.go.id/en/moneter/Contents/Default.aspx>.
2. "NASA Prediction of Worldwide Energy Resources." [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Accessed: 02-Jun-2021].
3. A. Mohammad Bagher, "Types of Solar Cells and Application," *Am. J. Opt. Photonics*, 3, no. 5, p. 94, (2015), doi: 10.11648/j.ajop.20150305.17.
4. B Bagaskoro, J Windarta and ..., "PERANCANGAN DAN ANALISIS EKONOMI TEKNIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM OFFGRID MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER DI ...", *Transient : Jurnal Ilmiah ...* (ejournal3.undip.ac.id, 2019).
5. D. L. King, Boyson; William E., and Kratochvil; Jay, "King," in *Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, pp. 1356–1361, (2002). doi: 10.1109/PVSC.2002.1190861.
6. E Radwitya and Y Chandra, "PERENCANAAN PLTS ON GRID DILENGKAPI PANEL ATS DI LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI KETAPANG", *EPIC (Journal of Electrical Power ...* (core.ac.uk, 2020), <<https://core.ac.uk/download/pdf/337609824.pdf>>
7. H. Dennis L, "The Global Energy Balance," in *Global Physical Climatology*, 2nd ed., Elsevier, pp. 25–48. (2016).
8. I Soeprapto and LSM MT, "Analisis Teknik Dan Ekonomi Power Hibrida (Photovoltaic-pln) Di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Brawijaya Malang", *neliti.com* (2014), <<https://www.neliti.com/publications/120549/analisis-teknik-dan-ekonomi-power-hibrida-photovoltaic-pln-di-jurusan-elektro-fa>>
9. I. K. Agus Setiawan, I. N. Satya Kumara, and I. W. Sukerayasa, "ANALISIS UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SATUMWp TERINTERKONEKSI JARINGAN DI KAYUBIHI, BANGLI," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 13, no. 1, pp. 27–33, (2014), doi: 10.24843/10.24843/MITE.
10. I. N. Pujawan, *Ekonomi Teknik Edisi 3*. Yogyakarta: LAUTAN PUSTAKA, (2019).
11. J. Jufrizel and M. Irfan, "Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid", *Seminar Nasional Teknologi Informasi ...* (ejournal.uin-suska.ac.id, 2017).
12. J. Windarta, EW. Sinuraya, AZ. Abidin and ..., "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Berbasis Homer Di Sma Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan", *Prosiding Seminar ...* (proceeding.unnes.ac.id, 2020).
13. J. Windarta, A. Pratama, Denis, and A. Nugroho, "Testing of Solar Power Plant Components Off-Grid Systems and Engineering Economic Analysis at Cemara Island, Brebes Regency, Indonesia," *E3S Web Conf.*, 125, no. 201 9, (2019) , doi: 10.1051/e3sconf/201912510003.
14. J. Windarta, Denis, A. Nugroho, and B. Bagaskoro, "Design and Analysis of Technical Economics of Off-grid Systems Solar Power Plant Using Homer at Cemara Island, Brebes Regency," *E3S Web Conf.*, 125, no. 201 9, pp. 2–7, (2019) , doi: 10.1051/e3sconf/201912511002.
15. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017 Tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. (2017).
16. MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)*. p. 18. (2018).
17. P. Bayu, "ANALISA TEKNO-EKONOMI SISTEM PLTS 1, 25 kWp TERHUBUNG JARINGAN LISTRIK PLN" (scholar.unand.ac.id, 2018), <<http://scholar.unand.ac.id/33696/>>
18. Presiden Republik Indonesia, "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan," (2016).
19. S. Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, and N. I. Pratiwi, "Outlook Energi Indonesia 2019," (2019).
20. *Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants a Project Developer's Guide*. Washington, D.C., (2015).