

Perancangan PLTS Atap *On Grid* Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil

Naswa Febriana Pratiwi¹, Apip Pudin², Wahyu Budi Mursanto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung. 40012

E-mail: naswafp@gmail.com¹

E-mail: apipp055@gmail.com²

E-mail: wahyumursanto@gmail.com³

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menghasilkan listrik dengan memanfaatkan konversi energi dari irradiasi matahari melalui efek fotolistrik. PLTS merupakan pembangkit energi terbarukan dengan *zero emission* sehingga cocok untuk dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik tidak terkecuali kebutuhan listrik pada industri yang konsumsinya diproyeksikan terus meningkat setiap tahunnya. Nilai ekspor listrik sebesar 100% dari PLTS ke *grid* menjadikan pemasangan PLTS atap untuk industri sangat menguntungkan. Komponen utama pada PLTS *on grid* yang lebih sederhana dibandingkan

dengan PLTS *off grid* menjadikan nilai *payback periode* dari sistem ini lebih cepat. Dalam penelitian ini, PLTS yang dirancang akan digunakan untuk memberikan suplai daya pada proses produksi di salah satu industri tekstil dengan kapasitas 163,8 kWp. Komponen utama yang digunakan dalam perancangan adalah 360 unit modul surya 455 Wp dan 2 unit *inverter* 100 kW. Dengan menggunakan perhitungan manual, produksi energi dari PLTS selama satu tahun adalah sebesar 252,48 MWh, sedangkan dengan menggunakan simulasi PVSyst produksi energi yang dihasilkan adalah sebesar 248,8 MWh per tahun. Ditinjau dari sisi kelayakan ekonomi, proyek ini akan mencapai pengembalian modal pada tahun ke-8 dengan perhitungan metode *payback periode*. Nilai NPV dari proyek ini adalah senilai Rp2.145.996.310 sehingga proyek ini layak untuk dilaksanakan.

Kata Kunci

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), PLTS *On Grid*, NPV, PVSyst, *Payback Periode*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi selaras dengan peningkatan laju produksi pada industri yang menyebabkan peningkatan konsumsi energi listrik pada sektor industri. Sepanjang tahun 2018 konsumsi energi listrik untuk sektor industri mengalami pertumbuhan sebesar 32,8% dari tahun sebelumnya.

Dilansir dari RUPTL PLN 2021-2030 dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN), target bauran energi adalah sebesar 23% dengan porsi pembangunan PLTS lebih besar mengingat harga PLTS yang semakin murah dan masa pembangunan yang lebih cepat.^[2]

Dukungan terhadap pengembangan energi baru terbarukan, khususnya pada bidang PLTS, tertuang juga dalam Peraturan Menteri ESDM No. 26 Tahun 2021. Dalam peraturan ini pengguna PLTS atap mendapatkan keuntungan dengan nilai ekspor listrik dari PLTS ke PLN sebesar 100%.^[3]

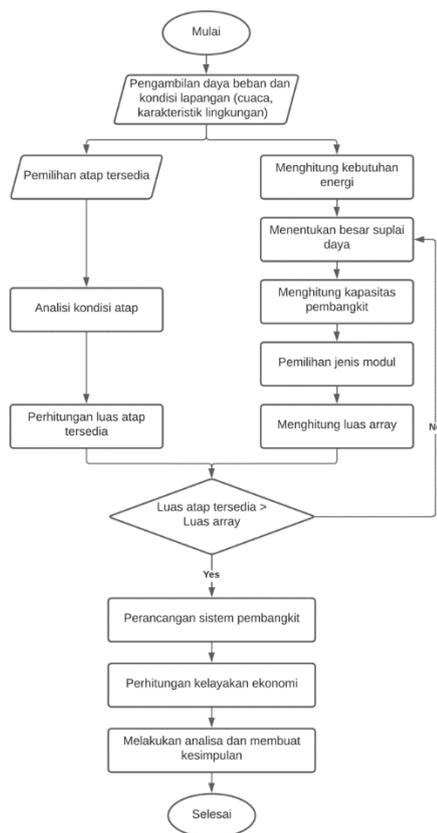
Penggunaan PLTS atap ini tidak luput mendapat dukungan dari Gubernur Jawa Barat, Ridwan Kamil. Beliau berencana untuk mewajibkan seluruh industri yang berada di Jawa Barat untuk menggunakan PLTS atap sebagai implementasi dan dukungan terhadap pengembangan EBT. PLTS atap dengan sistem *on grid* juga memiliki periode pengembalian modal yang cepat dan biaya investasi yang lebih rendah.

PT.X merupakan salah satu industri yang bergerak pada bidang tekstil di Cimahi, Jawa Barat. Sebagai upaya dukungan terhadap pengembangan EBT serta didukung dengan didukung wilayah geografis perusahaan yang selalu mendapatkan penyinaran matahari yang cukup, kondisi ini menjadikan potensi pembangunan PLTS menjadi besar. Area pabrik dengan memiliki atap yang luas dan mendapatkan penyinaran yang cukup sehingga PLTS atap *on grid* memiliki potensi

baik untuk dibangun dengan memanfaatkan lahan efektif dan nilai investasi yang lebih rendah. Suplai daya listrik akan difokuskan untuk memenuhi kebutuhan energi di sebagian Divisi Dyeing. Berangkat dari hal-hal tersebut, maka dibuatlah sebuah rancangan sistem PLTS dengan judul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp Untuk Suplai Daya Listrik Industri Tekstil”.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat perancang PLTS Atap dengan sistem *on grid* untuk suplai daya listrik industri di PT.X pada ruang bagian *Jet Dyeing*, membuat simulasi perancangan PLTS menggunakan perangkat lunak PVsyst, serta menghitung kelayakan ekonomi dengan metode *payback periode* dan NPV.

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 yang merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan PLTS

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Cahaya Matahari

Energi matahari di Indonesia memiliki potensi besar dengan nilai 4,8 kWh/m² atau 112.000 GWp yang berpotensi untuk

dimanfaatkan sebagai PLTS. Dalam teknologi pemanfaatan potensi cahaya matahari untuk pembangkitan PLTS, terdapat hal-hal yang berperan terhadap jumlah energi yang dihasilkan, diantaranya adalah DNI (*Direct Normal Irradiance*) yang merupakan jumlah cahaya yang datang secara tegak lurus terhadap permukaan tanah ataupun yang sejajar dengan tanah, DHI (*Diffused Horizontal Irradiance*) yang merupakan nilai yang merepresentasikan jumlah irradiansi matahari yang diterima permukaan dalam kondisi terbiaskan oleh awan dan partikel di atmosfer, serta GHI (*Global Horizontal Irradiance*) yang merupakan total nilai irradiansi gelombang pendek yang diterima bumi pada permukaan yang horizontal atau sejajar dengan tanah.^[3] Nilai DHI, DNI, dan GHI dapat diperoleh melalui laman NASA.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Secara umum PLTS merupakan sistem pembangkit yang memanfaatkan energi matahari untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sel surya. PLTS dibagi menjadi 3 jenis, diantaranya PLTS *Off Grid* yang merupakan PLTS dengan sistem komunal atau berdiri sendiri, PLTS *On Grid* dengan sistem yang terkoneksi dengan jaringan PLN, serta PLTS *Hybrid* yang memiliki sistem terkoneksi dengan *grid* PLN dan memiliki cadangan energi dari baterai atau sistem pembangkitan lain.

2.3 Panel Surya

Panel surya merupakan alat konversi irradiansi matahari untuk menjadi energi listrik. Proses untuk konversi energi ini dinamakan dengan fotoelektrik. Panel surya secara umum dibagi menjadi dua tipe, yaitu *mono crystalline*, *poli crystalline*, serta *thin film*. Nilai efisiensi panel surya tipe *mono crystalline* berada pada rentang 15-20%, untuk tipe *poly crystalline* adalah sebesar 12-15%, sedangkan untuk *thin film* adalah sebesar ±10%.

Kualitas kerja dari sel surya dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya yang paling signifikan memengaruhi kerja dari sel surya adalah besar temperatur dan irradiansi matahari yang diterima oleh sel surya.^[5]

Penyusutan daya keluaran modul surya dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } x^{\circ}\text{C}} = \frac{0,5\%}{^{\circ}\text{C}} \times P_{MPP} \times \Delta T \quad (1)$$

Dimana P_{MPP} merupakan besar daya keluaran panel surya dalam keadaan ideal dan ΔT merupakan selisih antara temperatur maksimum di lokasi perancangan dengan temperatur ideal operasi panel surya (25°C).

Besar daya maksimum yang dihasilkan panel surya pada temperatur maksimum ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{MPP'} = P_{MPP} - P_{saat\ t\ naik\ x^{\circ}\text{C}} \quad (2)$$

Nilai *Temperature Correction Factor* digunakan dalam perhitungan luas *array*. Besar nilai TCF ini dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP'}}{P_{MPP}} \quad (3)$$

Perancangan PLTS atap dipengaruhi oleh ketersediaan atap serta luas *array* yang dibutuhkan. Apabila luas *array* < luas atap tersedia, sistem dapat dibangun. Kebutuhan luas *array* dihitung melalui persamaan berikut:

$$P_{V\ Area} = \frac{E_l}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (4)$$

Dimana E_l merupakan besar estimasi daya yang ingin diproduksi dalam satu hari, G_{av} merupakan nilai GHI pada lokasi, η_{pv} merupakan besar efisiensi panel surya, serta η_{out} merupakan besar efisiensi *inverter*.

Daya yang dibangkitkan PLTS dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{watt\ peak} = \text{area array} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (5)$$

Perhitungan jumlah panel surya minimal yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{MPP}} \quad (6)$$

Besar rugi-rugi pada sistem PLTS ditentukan sebesar 15% sehingga nilai daya yang dihasilkan oleh sistem dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_i = \text{Jml Panel} \times P_{MPP} \times losses \quad (7)$$

Sedangkan daya keluaran rata-rata harian dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{out\ rata-rata} = P_i \times GHI_{rata-rata} \quad (8)$$

2.4 Combiner Box

Combiner box merupakan komponen yang digunakan sebagai tempat penggabungan kabel-kabel dan komponen yang digunakan

dalam sistem PLTS termasuk beberapa sistem proteksi seperti MCB.

2.5 Inverter

Inverter memiliki fungsi sebagai perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus DC keluaran panel surya menjadi arus AC yang siap didistribusikan kepada pengguna dan *grid*. Penentuan kapasitas inverter adalah sebesar 1,25 dari kapasitas PV terpasang. Inverter memiliki *lifetime* selama 20-25 tahun sebelum harus diganti dengan produk baru.

2.6 Kabel

Kabel merupakan perangkat yang berfungsi sebagai media penghantar listrik untuk mendistribusikan daya dari satu tempat menuju tempat lain. Pemilihan kabel dalam suatu instalasi listrik adalah berdasarkan pada nilai KHA (Kuat Hantar Arus).

Perhitungan nilai KHA berdasarkan PUIL 2011 ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$KHA = I \times 125\% \quad (9)$$

Dimana I merupakan besar arus yang mengalir pada kabel serta 125% merupakan nilai *safety factor*. Besar *drop* tegangan tidak boleh melebihi 5%.^[4] Nilai I tegangan dihitung dengan menggunakan dengan rumus matematis seperti berikut:^[5]

$$\%V_{dc} = \frac{V_{dc}}{V} \times 100\% \quad (10)$$

2.7 Sistem Grounding

Sistem *Grounding* adalah sistem proteksi pada peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik lebih ke bumi untuk melindungi manusia ataupun peralatan dari kejutan listrik.^[6] Saluran kawat *grounding* menggunakan kawat *bare copper* (BC) dengan ukuran diameter 50 mm² sebagaimana diatur pada Peraturan Menteri Tenaga Listrik Republik Indonesia Nomor: PER.02/MEN/1998 tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir.^[4] Nilai tahanan pembumian wajib senilai $\leq 5\Omega$ sebagaimana ditunjukkan pada PUIL 2011.

2.8 kWh Exim

kWh Exim merupakan kWh meter khusus untuk operasi paralel dengan *grid*/PLN. kWh Exim adalah sebuah sistem layanan, dimana listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya yang memenuhi syarat di rumah tangga dapat

dikoneksikan (dikirim) ke jaringan distribusi PLN, dan dapat digunakan kembali untuk konsumsi oleh rumah tangga tersebut.

2.9 PVsyst

PVsyst merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam desain PLTS. Perangkat ini memiliki fungsi sebagai media pemodelan, pengukuran, serta analisis data pada sistem. Perangkat ini berfungsi untuk mendesain dan memberi estimasi PV. Selain itu perangkat ini dapat digunakan untuk mensimulasikan sebagian besar parameter yang diperlukan dalam sistem perancangan PLTS serta akan memberikan laporan simulasi.

2.10 NPV

Net present value merupakan selisih antara nilai sekarang dari arus kas yang akan masuk dengan nilai sekarang dari arus kas yang akan keluar yang terjadi dalam periode waktu tertentu. Apabila nilai NPV bernilai positif, maka pendapatan dari suatu proyek atau investasi akan melebihi dari proyeksi biaya yang perusahaan keluarkan. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NPV:

$$\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

Dimana T merupakan proyeksi proyek dalam tahun, t merupakan periode dalam tahun, C_t merupakan pendapatan bersih setiap tahun dan C_0 merupakan modal awal investasi.

2.11 Payback Periode

Payback periode merupakan hal yang merujuk pada pengembalian suatu modal investasi dalam jangka waktu tertentu. Hal ini mengarah pada periode ataupun jumlah tahun yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi semula. Cara menghitung payback period adalah dengan membagikan besaran nilai investasi atau cost investment dengan jumlah aliran kas netto yang telah masuk setiap tahunnya atau annual net cash flow.

3. DATA PENELITIAN

3.1 Rancangan Teknis PLTS

Kondisi beban puncak pada lokasi suplai daya PLTS ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data konsumsi energi

No.	Nama Peralatan	Jumlah	Daya (watt)	Durasi Operasi/Hari (jam)	Konsumsi Energi	
					Per-Jam (Wh)	Per-Hari (Wh/Hari)
1	Jet Diving Motor	10	37.000	18	370.000	6.660.000
2	Trial Machine	1	3.700	18	3.700	66.600
3	Lampu	20	40	13	800	10.400
Total					374.500	6.737.000

Konsumsi energi maksimum per-jam adalah sebesar 346,5 kWh atau 6.737 kWh per-hari.

Data temperatur didapatkan dari laman NASA yang merupakan data temperatur pada rentang tahun 2019 – 2021 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel temperatur maksimum

DATA GHI (Global Horizontal Irradiation)													
Parameter	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
GHI (kWh/m ² /day)	2019	4,49	5,21	4,7	4,89	5,19	5,13	5,35	5,68	6,18	6,22	5,83	4,96
	2020	4,37	3,98	4,79	4,81	4,46	4,79	4,91	5,34	5,83	5,06	5,08	4,42
	2021	4,00	3,89	4,98	5,23	4,79	4,20	5,06	5,15	5,40	5,38	4,53	4,58
Maksimum		6,22											
Minimum		3,89											
Rata-rata		4,97											

Nilai temperatur maksimum selama tiga tahun berada pada suhu 30,10°C.

Nilai irradiansi matahari menggunakan Global Horizontal Irradiation yang didapatkan dari laman NASA.^[7] Nilai GHI rata-rata pada tahun 2019-2021 adalah sebesar 4,79 kWh/m² per hari sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel temperatur maksimum

DATA TEMPERATUR MAKSIMUM													
Parameter	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
T(°C)	2019	27,62	27,48	27,12	27,58	26,69	27,48	26,58	27,58	28,75	29,83	30,1	29,5
	2020	28,25	26,66	26,78	27,99	27,07	26,37	26,44	27,27	27,76	27,54	26,87	26,08
	2021	26,35	25,85	26,73	26,98	27,24	27,89	26,77	26,55	28,15	28,23	26,94	27,17
Maksimum		30,10											

Perancangan sistem PLTS memanfaatkan Modul surya kapasitas 455Wp dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi modul surya

Spesifikasi Modul Surya	
Tipe Modul Surya	LR4-72HBD 455M
Jenis	Monocrystalline
Pmax	455 Wp
Vmp	41,6 V
Voc	49,8 V
Imp	10,93 A
Efisiensi	20,90%

Inverter yang digunakan yang memiliki spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi inverter

Spesifikasi Inverter	
Tipe Inverter	SG110CX
Merk	Sungrow
Max AC Output Power	130000 Watt
Max DC Input Power	100 kVA
Vmax Inverter	1100 V
Vmin Inverter	200 V
Imax Inverter	9*26A
MPPT	9

Perhitungan manual yang dilakukan menghasilkan rancangan teknis untuk PLTS sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan Teknis PLTS

Perancangan Teknis PLTS		
Parameter	Nilai	Satuan
$P_{saat\ naik}^{oC}$	11,60	Wp
P_{MPP}	443,4	Wp
TCF	0,975	
PV area	755,3	m ²
$P_{watt\ peak}$	157,9	kWp
Jumlah Panel	360	Panel
Jumlah Inverter	2	Unit
Daya output	691,74	kW/day

Kabel yang dipilih dalam perancangan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kabel

Lokasi Pemasangan	Panjang Kabel	Jenis Kabel	Luas Kabel	Drop Voltage
Solar PV - PV Combiner Box	130 m	NYN	4 mmsq	1,91%
PV Combiner Box - Inverter	18 m	NYN	4 mmsq	0,26%
Inverter - Power Meter	10 m	NYAF	50 mmsq	0,26%

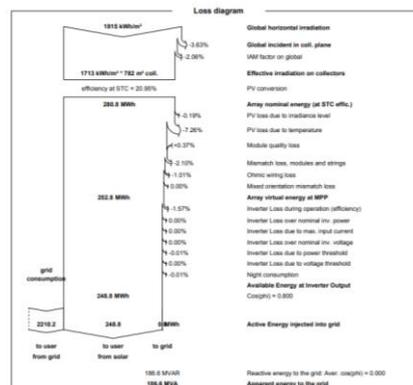
3.2 Hasil simulasi PVsyst

Orientasi modul surya menghadap timur dan barat. Ringkasan sistem yang digunakan dalam perancangan menggunakan PVsyst ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 8. Ringkasan sistem PLTS (PVsyst)

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Modul	360	Unit
Pnom Total	164	kWp
Jumlah Inverter	2	Unit
Pnom Total	200	kWac
Luas Area PV	714	m ²
Produksi Energi	248,8	MWh/tahun
Performance Ratio	86,85	%

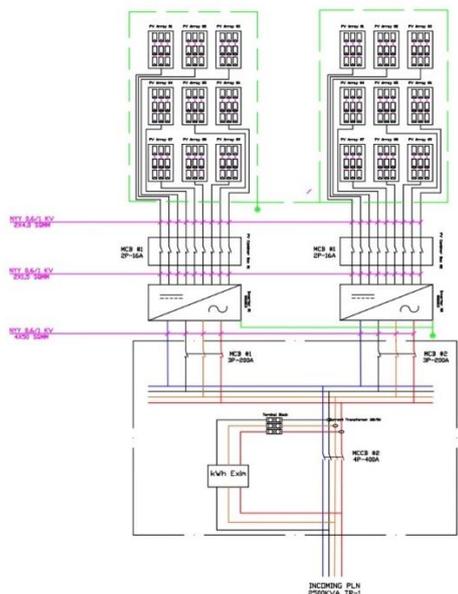
Salah satu hasil dari simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst adalah penjabaran nilai rugi-rugi sistem PLTS yang digambarkan dalam sebuah *losses diagram*.^[1] Gambar 6 menunjukkan *losses diagram* pada sistem PLTS yang dirancang.



Gambar 6. Losses Diagram

4. DISKUSI

Pada perhitungan manual, panel surya yang digunakan dalam perancangan adalah sebanyak 360 panel. Panel-panel tersebut dibagi menjadi 18 string yang dihubungkan secara seri dengan masing-masing string berisi 20 buah panel surya. *Output* dari masing-masing string menjadi daya *input* untuk masing-masing MPPT dari inverter. *Wiring diagram* dari perancangan ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Wiring Diagram PLTS

Dengan menggunakan perhitungan manual, produksi energi minimum yang dapat dihasilkan dalam satu hari adalah sebesar 541,6 kWh, sedangkan untuk produksi energi maksimum dengan nilai irradiansi matahari sebesar 866,01 kWh/kWp adalah sebesar 691,74kWh per harinya. Secara rata-rata, besar produksi energi harian dari PLTS dengan nilai irradiansi 4,97 kWh/kWp adalah sebesar 691,74 kWh..

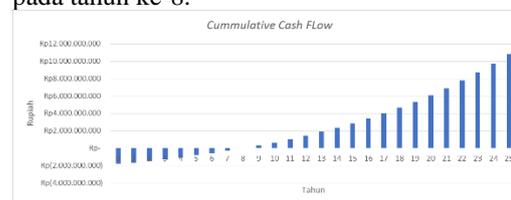
Salah satu hasil dari simulasi menggunakan perangkat lunak *PVsys* adalah penjabaran nilai rugi-rugi sistem PLTS yang digambarkan dalam sebuah losses diagram. Losses diagram menunjukkan bahwa terdapat rugi energi yang diterima oleh panel surya sebesar 3,63% yang diakibatkan oleh kondisi posisi matahari yang mengalami perubahan posisi setiap harinya serta disebabkan juga oleh lokasi peletakan panel surya. Selanjutnya terdapat *IAM factor on global* atau *Incidence Angle Modifier* yang merupakan rugi-rugi refleksi iradiasi matahari terhadap panel surya. Besar rugi-rugi IAM yang terhitung oleh simulasi adalah sebesar 2,06%. Rugi IAM terjadi akibat adanya pantulan pada bahan gelas yang digunakan untuk melindungi sel-sel modul surya. Besar efisiensi panel surya pada kondisi STC adalah sebesar 20,95%. Besar nilai rugi-rugi akibat nilai iradiasi adalah sebesar 0,19%. Besar nilai rugi-rugi akibat temperatur adalah sebesar 7,29%. Nilai rugi-rugi temperature ini memiliki nilai paling besar dibandingkan dengan nilai rugi-rugi lainnya. Performa dari modul surya akan mengalami penurunan sebesar 0,4% untuk setiap derajat kenaikan temperatur standar kondisi temperatur (25°C). Secara umum, operasi modul surya biasanya mengalami penyimpangan. Pada kasus ini, terdapat standar toleransi daya sebesar 0-3%. Pengembang modul surya menawarkan nilai power tolerance sebesar 0,37%. Rugi lainnya yang diperhitungkan adalah mismatch losses yang merupakan representasi ketidaksesuaian daya keluaran dari modul surya akibat adanya variasi tegangan dan arus yang terpasang pada suatu *array*. Pada perancangan ini, nilai mismatch losses menunjukkan nilai sebesar 2,1%. Selanjutnya, terdapat nilai *DC Ohmic Wiring Loss* yang merupakan rugi-rugi yang diakibatkan oleh nilai tahanan listrik pada jaringan. Desain yang baik memiliki nilai *DC Ohmic Wiring Losses* kurang dari 1,5%. Pada perancangan ini, nilai *DC Ohmic Wiring Losses* adalah sebesar 1,01%. Terdapat juga rugi-rugi inverter akibat operasi sebesar 1,57%.

Hasil simulasi *PVsys* menunjukkan bahwa dalam kondisi beban optimum dan lama operasi selama 365 hari dalam satu tahun, energi yang dipenuhi oleh PLTS untuk *user* adalah sebesar 248,8 MWh per tahun. Energi yang disuplai oleh *grid* adalah sebesar 2210,2 MWh, sedangkan besar energi yang disuplai kepada *grid* adalah sebesar 0 MWh per tahun.

Ditinjau dari sisi ekonomi, sistem PLTS ini mampu memproduksi energi sebanyak

252.485,482 kWh per tahunnya. Harga energi PLTS per kWh adalah senilai Rp670/kWh. Dibandingkan dengan harga listrik PLN untuk golongan R1-TR yang senilai Rp1.444,7/kWh, maka dalam satu tahun biaya penggunaan energi menggunakan PLTS ini memberikan penghematan senilai Rp195.671.743,62 dibandingkan dengan menggunakan listrik yang didistribusikan oleh PLN. Dengan menggunakan metode NPV diketahui bahwa total penerimaan selama periode proyek adalah sebesar Rp3.969.657.525, sedangkan besar nilai NPV untuk proyek ini adalah sebesar Rp2.145.996.310. Dengan nilai NPV > 0, maka proyek tersebut dinyatakan layak untuk dilaksanakan.

Gambar 8 menunjukkan nilai *cummulative cash flow* yang mulai mencapai nilai positif pada tahun ke-8.



Gambar 8. *Cummulative Cash Flow*

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada tujuan pelaksanaan dan pembuatan Tugas Akhir mengenai Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri tekstil ini, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut

1. Perancangan PLTS untuk suplai daya industri tekstil ini menggunakan sistem On Grid. Perancangan menggunakan 360 panel surya kapasitas 455 Watt Peak dengan 18 *array*. Masing-masing *array* tersusun atas 20 modul surya yang disambungkan secara seri. *Inverter* yang digunakan pada perancangan berjumlah 2 unit dengan kapasitas output masing-masing inverter sebesar 100kVA. Perancangan ini menggunakan PV combiner box yang dilengkapi dengan MCB 16A 1 Fasa, 2 Poles, serta AC combiner box yang dilengkapi dengan MCB 3 Fasa 200A, 4 Poles. Sistem pembumian untuk melindungi peralatan akibat kondisi beban lebih atau arus hubung singkat menggunakan batang elektroda diameter 16 mm dengan panjang 6 meter yang dipasang masing-masing pada blok sistem pembumian panel surya dan inverter. Produksi energi PLTS atap ini dalam satu hari rata-rata mampu

- menghasilkan daya sebesar 691,74 kWh. Dalam satu tahun, rata-rata energi yang dapat dihasilkan adalah sebesar 243.570,99 kWh.
2. Simulasi perancangan PLTS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst sebagai pembanding terhadap hasil yang didapatkan dari perhitungan secara manual. Simulasi perancangan menggunakan 360 unit panel surya kapasitas 455 watt peak serta 2 unit *inverter* kapasitas output 100kVA. Orientasi atap diatur menghadap arah timur dan barat dengan kemiringan sudut 20° sesuai kondisi di lapangan. Simulasi perancangan memberikan hasil bahwa produksi energi PLTS dalam satu tahun adalah sebesar 248,8 MWh.
 3. Nilai NPV sebesar Rp2.145.996.310. Proyek ini layak untuk dilaksanakan. Periode pengembalian modal terjadi pada tahun ke-8 dengan nilai keuntungan pertama pada tahun tersebut sebesar Rp4.549.526. Periode pengembalian modal untuk investasi PLTS ini terjadi pada tahun ke-8 proyek.

5. SARAN

Perhitungan produksi energi yang dilakukan oleh simulasi PVsyst mempertimbangkan penurunan produksi sebesar 1% setiap tahunnya dan juga mempertimbangkan nilai rugi-rugi yang lebih kompleks. Terkait hal tersebut, maka nilai perhitungan manual memiliki kelemahan dimana perhitungan rugi-rugi hanya mempertimbangkan rugi-rugi akibat temperatur. Untuk mendapatkan nilai produksi energi yang lebih akurat, sebaiknya dalam perhitungan perancangan PLTS mempertimbangkan rugi-rugi akibat degradasi kondisi peralatan dan lain lain

DAFTAR PUSTAKA

- [2] Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, *RUPTL 2021-2030*, Jakarta: 2021
- [3] Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, Peraturan Menteri No.26 Tahun 2021, Jakarta, 2021
- [4] Vignola. Frank, *GHI Correlations with DHI and DNI and the Effects of Cloudiness on one-minute Data*, Oregon: Department of Physics Universitas of Oregon, 2012
- [5] d. pada Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 V AC 50 Hz Handoko. R. I, "Studi Karakteristik Kurva I-V dan P-V menggunakan Tracking DC Logger dan Low Cost Monitoring System," *PIMIMD*, p. 176, 2017.
- [6] Wiles. John C, *Photovoltaic System Grounding*, Mexico: Southwest Technology Development Intitute College of Engineering New Mexico State University, 2012
- [7] IPCC, *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Abu Dhabi: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012.
- [8] Mermoud. Andre, *PVSYST User's Manual*, Switzerland, 2014
- [9] Spark. Ross, *Everything to Know About Grid Tie Inverters*, 2017
- [10] M. R. Patel, *Wind and Solar Power System*, Boca Raton: CRC Press, 2006.