

Perancangan Interkoneksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1mwp On-Grid Pada Jaringan Distribusi Cileungsi

Mohammad Hafidz¹; Mariya JP²

^{1,2} Sekolah Tinggi Teknik PLN

¹ mhafidz49@gmail.com

² mariyajp89@gmail.com

ABSTRACT

Bogor is one of the major cities in Indonesia where electricity demand is increasing rapidly every year. PT Sinar Energi Indonesia has large vacant land plans to build a 1 MW Solar Power Plant (SPP) in the Cileungsi area. This is supported by the location which is close to the Cileungsi substation owned by PLN (800 meters) and also SPP is suitable with the characteristics of the electricity load in the area where the peak load occurs during the day and the development of SPP will reduce pollution caused by thermal plants. Interconnection of SPP with Cileungsi substation requires separate analysis to determine the best interconnection design between SPP and PLN grid. The author will use ETAP 12.6 software for load flow, short circuit and transient analysis so that the interconnection design will not cause harm, both for developers and for PLN. From the simulation results with ETAP 12.6 software does not show a negative impact (small power losses, small voltage drop, and the value of the short circuit current that occurs does not exceed the capacity of the equipment), and if there is a disturbance in the SPP unit, the transient shows within 1 second, the system has stabilized. Beside technical side, the economic point of view from this Solar Power Plant will also have a positive impact with the planned electricity tariff value of 6,884 cent US \$ / kWh, still below the local production cost value (West Java 6.91 cent US \$ / kWh, ESDM Ministerial Decree No.55 years 2019). Therefore, this research is expected to be able to help the developer and PLN in interconnection of the Solar Power Plant Cileungsi to PLN grid.

Keywords: Solar Power Plant, ETAP, Electricity tarif

ABSTRAK

Bogor merupakan salah satu kota besar di Indonesia dimana kebutuhan listrik meningkat pesat setiap tahunnya. PT Sinar Energi Indonesia memiliki lahan kosong yang luas berencana untuk membangun PLTS dengan kapasitas 1 MW di daerah Cileungsi. Hal ini didukung dengan dekatnya lokasi tersebut ke Gardu Induk Cileungsi milik PLN (800 meter) dan juga PLTS sesuai dengan karakteristik beban listrik daerah tersebut dimana beban puncak terjadi pada siang hari dan pengembangan PLTS akan mengurangi polusi yang diakibatkan pembangkit termal. Interkoneksi PLTS dengan Gardu Induk Cileungsi memerlukan analisis tersendiri untuk menentukan desain terbaik interkoneksi antara PLTS dengan grid PLN. Penulis akan menggunakan bantuan software ETAP 12.6 untuk analisis aliran daya, hubung singkat dan transient sehingga desain interkoneksi tidak akan menyebabkan kerugian baik bagi pengembang maupun bagi PLN. Dari hasil simulasi dengan software ETAP 12.6 tidak menunjukkan dampak negatif (rugi-rugi daya kecil, drop tegangan kecil, dan nilai arus hubung singkat yang terjadi tidak melebihi kapasitas peralatan), serta jika ada gangguan pada unit PLTS, transient menunjukkan dalam waktu 1 detik sistem sudah kembali stabil. Selain dari sisi teknis, dari sisi keekonomian pun PLTS ini akan berdampak positif dengan nilai tarif listrik yang direncanakan yaitu 6.884 cent US\$/kWh, masih di bawah nilai BPP setempat (Jawa Barat 6.91 cent US\$/kWh, Kepmen ESDM No.55 tahun 2019). Maka dari itu, diharapkan penelitian ini dapat membantu pihak pengembang dan juga PLN dalam interkoneksi PLTS Cileungsi ini ke grid PLN.

Kata kunci: PLTS, ETAP, Tarif Listrik

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan listrik selalu meningkat dengan pesat khususnya di kota-kota besar seperti Jakarta, Bogor dll. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut dibutuhkan pengembangan pembangkit baru. Namun pengembangan pembangkit termal telah dibatasi karena menimbulkan polusi. Hal ini menuntut pengembangan pembangkit energi baru terbarukan (EBT) yang bebas polusi seperti PLTS, PLTA, PLTB dll. PLTS merupakan salah satu opsi pembangkit EBT yang memiliki potensi besar di dunia dimana daya dari energi matahari yang diterima bumi adalah sekitar $1,8 \times 10^{11}$ MW dimana nilai ini sangat besar untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.(1)

Hal tersebut didukung oleh Kementerian ESDM yang telah mengeluarkan Permen No. 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. Dalam permen tersebut dijelaskan bahwa pemerintah melaksanakan percepatan pencapaian tingkat pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) dalam bauran energi untuk penyediaan tenaga listrik dengan mendorong pemanfaatan energi air, biomasa, surya, dan angin untuk pembangkitan tenaga listrik.

Selain Permen di atas, dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014. KEN diamanatkan target energi yang harus disediakan pada Tahun 2025 adalah 400 juta TOE berdasarkan bauran energi mix: minyak bumi 25%, gas bumi 22%, batubara 30% dan energi baru terbarukan 23%. Untuk mencapai target di atas diimplementasikan ke dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED). RUEN mengatur secara makro mulai dari penyediaan hingga pemanfaatan energi ke setiap sektornya.

Mengacu dari hal tersebut, PT Sinar Energi Indonesia, ingin membantu ketersediaan listrik EBT dengan rencana pembangunan PLTS Cileungsi. PT. Sinar Energi Indonesia (SEI) merupakan perusahaan yang dibentuk sebagai pengembalian misi dari perusahaan holding Korindo Group, yang telah lebih dari 10 tahun berkecimpung dalam pengembangan pembangkit tenaga listrik biomasa, dan biogas. Dengan adanya tanah seluas lebih dari 42 Hektar di Cileungsi selama bertahun-tahun yang hanya digunakan untuk pengaturan limbah pabrik, SEI diberikan mandat oleh pimpinan Korindo group untuk membangun proyek PLTS Independent Power Producer (IPP) untuk PT. PLN (Persero). Keberadaan lokasi tanah untuk proyek PLTS ini sangatlah strategis karena dekat dengan gardu induk Cileungsi milik PLN.

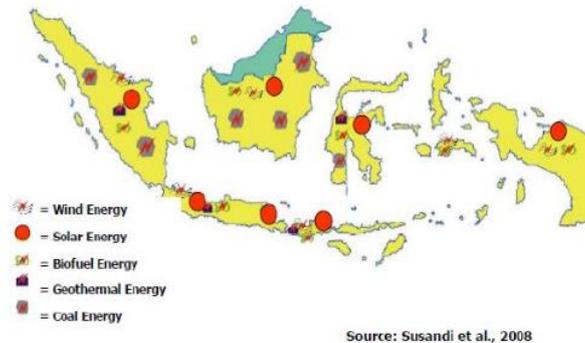
PLTS tersebut direncanakan mengirim daya ke grid PLN sebesar 1MW. Maka dari itu, diperlukan analisis interkoneksi PLTS ini ke sistem grid 20 kV PLN yang akan menentukan lokasi titik interkoneksi terbaik bagi PLTS ini ke sistem grid PLN. Analisis interkoneksi ini dapat dilakukan dengan bantuan software ETAP 12.6. Selain dari sisi teknis, sisi ekonomi dari PLTS ini juga akan dibahas secara general. Berdasarkan Kepmen ESDM No.55 tahun 2019, nilai Biaya Pokok Produksi Jawa Barat adalah 6.91 cent US\$/kWh, sedangkan tarif listrik yang direncanakan untuk pengembangan PLTS ini adalah 6.884 cent US\$/kWh. Dari hal ini dapat dilihat bahwa PLTS ini akan ikut andil dalam menurunkan nilai BPP setempat dan juga BPP nasional pada umumnya.

2. MATERI DAN METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Perancangan penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi literature dan mengumpulkan materi/teori yang dapat digunakan, lalu mengumpulkan data, analisis data, simulasi dan kesimpulan.

2.1. Landasan Teori

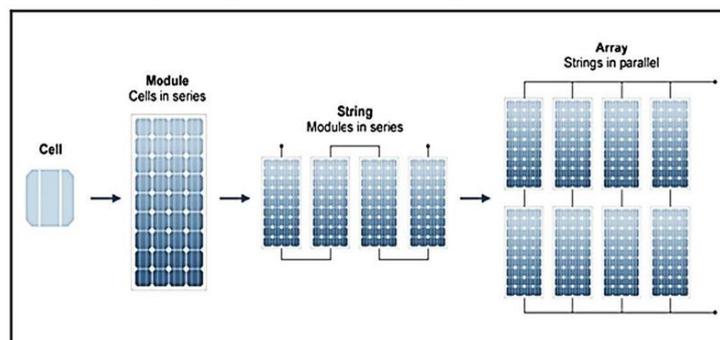
Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Potensi energi surya tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia seperti yang terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Potensi Energi Surya di Indonesia (2)

2.1.1. Komposisi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PV)

Istilah sel surya mengacu pada perangkat senyawa semikonduktor yang mengubah energi cahaya dari sinar matahari menjadi energi listrik, sedangkan perakitan sel surya disebut sebagai modul. String adalah beberapa modul yang dihubungkan bersama dalam rangkaian atau koneksi paralel untuk mendapatkan tegangan dan output yang diinginkan. Array adalah kumpulan beberapa string dalam koneksi paralel untuk memungkinkan koneksi dengan grid. Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Komposisi Susunan Photovoltaic (3)

2.1.2. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya / solar cell menjadi AC. Penggunaan inverter dari dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk perangkat yang menggunakan AC (Alternating Current).

2.1.3. Konfigurasi Sistem PLTS

Terdapat 2 jenis konfigurasi PLTS yaitu Standalone photovoltaic dan Grid connected photovoltaic.

- Stand Alone Photovoltaic
- Grid Connected Photovoltaic
Grid Connected PV System merupakan solusi Green Energy bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem PLTS ini menggunakan Modul Surya (Photovoltaic Module) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi.

Dalam penelitian ini, konfigurasi yang digunakan adalah Grid Connected PV.

2.1.4. Analisis Interkoneksi dengan software ETAP

2.1.4.1. Aliran Daya (*Load Flow*)

Analisis aliran daya merupakan studi dasar dalam menganalisis suatu sistem Tenaga Listrik, baik untuk perencanaan maupun operasi. Secara umum tujuan analisis aliran daya adalah:

- Untuk memeriksa tegangan masing-masing bus
- Untuk mengetahui jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik
- Untuk memeriksa semua kemampuan peralatan yang ada dalam sistem apakah cukup besar untuk menyalurkan daya yang diinginkan

2.1.4.2. Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Istilah gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat sehingga sistem Proteksi yang tepat pada Sistem Tenaga Listrik dapat ditentukan. Analisis hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang didalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik. (4)

2.1.4.3. Rugi Daya (*Drop Voltage*)

Pada konduktor pasti memiliki nilai impedansi dan sehingga setiap kali arus mengalir melalui kabel tersebut, akan ada jatuh tegangan disepanjang kabel, yang dapat diturunkan dengan Hukum Ohm. Penurunan tegangan tersebut tergantung pada dua hal, yaitu:

- Aliran arus melalui kabel - semakin tinggi arus, semakin besar tegangan drop
- Impedansi konduktor - semakin besar impedansi, semakin besar tegangan drop

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta V = I.R.\cos\phi + I.X.\sin\phi \text{ (volt)} \quad (1)$$

$$\Delta V = I \times Z \quad (2)$$

Keterangan :

- ΔV = Jatuh tegangan (volt)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- R = Tahanan Saluran (Ohm)
- X = Reaktansi (Ohm)
- Φ = Sudut dari factor daya beban
- Z = $R + jX$ = impedansi saluran

Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. (5)

2.1.5. Parameter Ekonomi

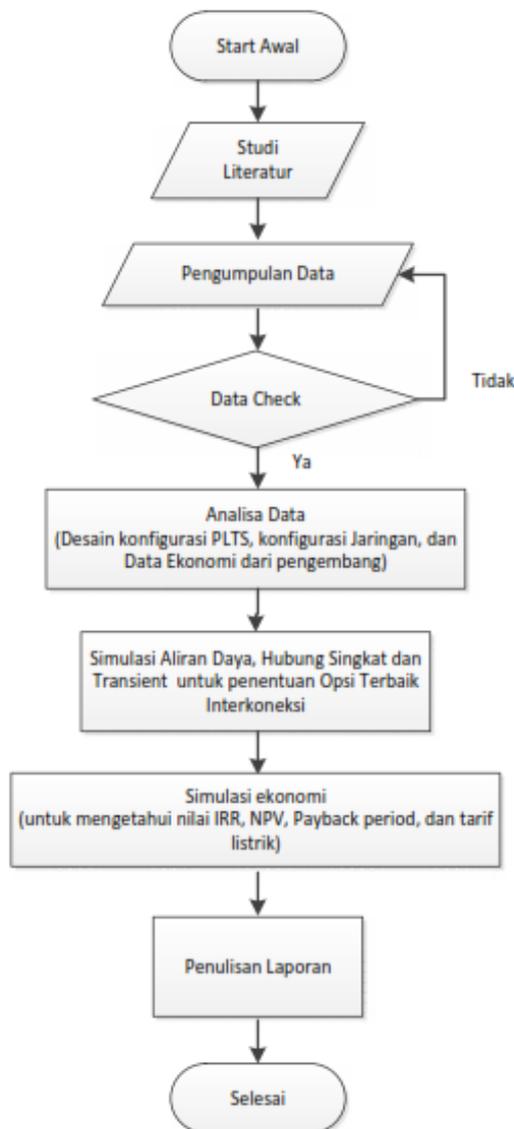
Dalam melakukan analisis ekonomi terhadap sistem PLTS terdapat beberapa indikator yang sering digunakan, yaitu *Payback Period analysis*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR) analysis*. Selain itu, dalam penentuan tarif listrik suatu pembangkit terdapat beberapa komponen seperti komponen A, B, C, D dan E.

2.2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan literatur terlebih dahulu, setelah itu dilakukan pengumpulan data yang akan di analisis. Data tersebut adalah :

- Data lokasi PLTS
- Data Gardu Induk sebagai calon titik interkoneksi (GI Cileungsi)

Kerangka penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya Cileungsi 1 MW ini berlokasi di area pabrik kertas milik PT. Aspek Kumbong, yang beralamatkan desa Dayeuh, kec. Cileungsi, kab. Bogor. Dengan koordinat 6° 26' 1.20 "S dan 106° 57' 2.6" E dalam kondisi topografi dekat GI Cileungsi milik PLN, datar tanpa pohon dengan ketinggian 78 m di atas permukaan laut rata-rata.



Gambar 4. Lokasi PLTS Cileungsi 1 MWp

Intensitas insolation total tahunan untuk area target yang diharapkan dari proyek adalah 1,654.6 kWh / m², dengan suhu rata-rata tahunan 24,18°. Data ini didasarkan pada perangkat lunak PV * SYST.

3.1. Peralatan Utama yang digunakan adalah modul surya dan inverter.

Tabel 1. Spesifikasi Solar Module

Manufacturer	JA solar holdings Co., Ltd.	Unit
Electrical data		
Cell type	Si polycrystalline	
Number of cells	72	
Number of bypass diodes	3	
Mechanical data		
Width	991	mm
Height	1956	mm
Depth	5	mm
Frame width	40	mm
Weight	26	Kg
I/V Characteristic cs at STC		
MPP voltage	37.38	V
MPP current	8.56	A
Nominal output	320	W
Open circuit Voltage	46.22	V
Short-circuit current	9.06	A

Tabel 2. Spesifikasi Inverter

Manufacture	ABB	Unit
DC power rating	51.2	kW
AC power rating	60	kW
Mac. DC power	70	kW
Max AC power	60	kW

Tabel 3. Asumsi Model Solar

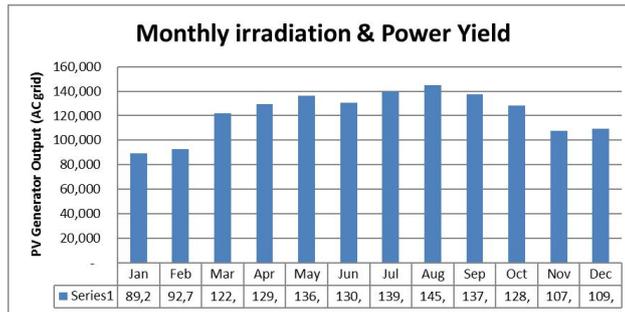
Divisi	Deskripsi	Keterangan
Target Area	PT Aspex Kumbong, Gn. Putri, Bogor	
Weather Data Sources	Meteonom 7.2	
Latitude	-6.433889°	
Longitude	102.951111°	
Installation Method	Fixed Tilt	
Capacity	1 MWp	
System Type	Grid Connected	
Available Area	Approx. 10,000 m ²	
Series x Parallel	6 x 30	
Array Azimuth	Due North	
Module	320 Wp	3240 sheets
Cell Type	Poly-crystalline	
Inverter	60 kW	18 sets

3.2. Hasil Simulasi PLTS

Hasil energi teoritis dan simulasi untuk tahun pertama operasi dihitung senilai 1.467.730 kWh. Tabel di bawah ini menunjukkan iradiasi bulanan dan perkiraan output daya PLTS.

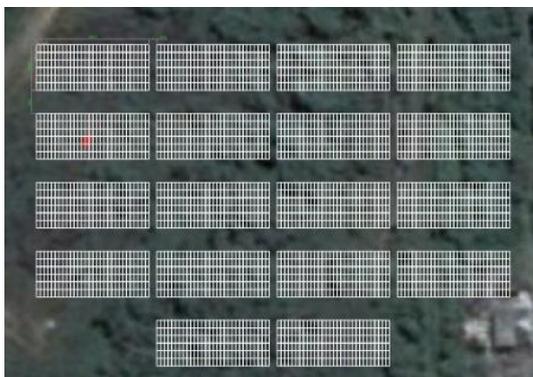
Tabel 4. Energi Hasil Simulasi Bulanan

Waktu	Iradiasi Horizontal (kWh/m ²)	Temperature (°C)	PV Generated Output AC Grid (kWh)
Tahun	1.654,60	24,18	1.467.730,00
Jan	106,37	23,88	89,30
Feb	108,06	23,54	92,75
Mar	139,36	24,19	122,05
Apr	144,30	24,26	129,46
Mei	147,27	24,70	136,12
Jun	138,80	24,08	130,76
Jul	148,91	23,95	139,50
Aug	159,13	24,25	145,14
Sep	155,49	24,28	137,46
Okt	149,52	24,78	128,27
Nov	126,55	24,14	107,39
Des	130,85	24,05	109,53

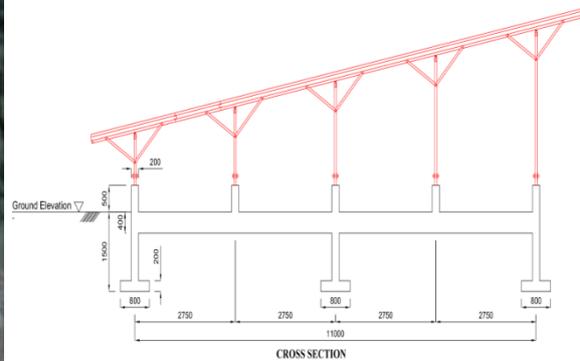


Gambar 5. Output Daya Sistem PV Kapasitas 1 MWp

Berdasarkan data lokasi, spesifikasi peralatan utama, dan hasil simulasi maka dapat digambarkan secara sederhana plant layout dari PLTS Cileungsi 1 MWp ini pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Gambaran Sederhana Plant Layout PLTS Cileungsi 1 MWp



Gambar 7. Gambaran Tampak Samping Pemasangan PLTS Cileungsi 1 MWp

Berdasarkan gambar di atas, maka perhitungan jumlah modul dan array adalah sebagai berikut :

- Jumlah array dan modul = 18 array, 180 modul
- Kapasitas listrik dalam 1 module = 320 W
- Jumlah daya yang didapat = 18 x 180 x 320 W = 1.036.800 W ≈ 1,036 kW ≈ 1 MW

3.3. Analisis Konfigurasi Jaringan Distribusi untuk Interkoneksi PLTS Cileungsi ke Sistem Grid

Terdapat 2 opsi titik interkoneksi PLTS 1 MWp ini yaitu pada GI Cileungsi sejauh 850 meter, atau pada gardu PRF (GI Cibinong). Namun sebelum analisis lebih jauh, dilakukan pemilihan opsi terbaik terlebih dahulu dengan tabel berikut.

Tabel 5. Perbandingan Opsi 1 dan 2 Interkoneksi PLTS Cileungsi

No.	Hal yang Ditinjau	Opsi 1 (di GI Cileungsi)		Opsi 2 (TD PRF)	
		Deskripsi	Nilai	Deskripsi	Nilai
1	Jarak dari PLTS ke titik interkoneksi (Porsi nilai 25%)	850 meter	15	350 meter	25

2	Beban pada titik interkoneksi (Porsi nilai 25%)	18,1 MW	25	3,19 MW	25
3	Fasilitas pada titik penyambungan (Porsi nilai 25%)	Telah tersedia spare untuk penyambungan PLTS 1 MW	25	Harus membangun fasilitas penyambungan	15
4	Kemampuan sistem untuk backup saat PLTS mengalami gangguan (Porsi nilai 25%)	Jika PLTS terganggu, maka GI bisa langsung back-up beban dari grid melalui trafo 1, dan pengontrolan PLTS oleh PLN juga lebih mudah	25	Jika PLTS terganggu, maka beban penyulang membutuhkan suplai dari GI yang terletak cukup jauh sehingga membutuhkan waktu	15
Jumlah nilai		90	80		

Dari tabel 4.8, disimpulkan bahwa opsi 1 merupakan pilihan terbaik untuk interkoneksi PLTS Cileungsi 1 MWp ke grid sistem. Maka dari itu, analisis selanjutnya akan langsung mengkaji mengenai konfigurasi jaringan distribusi untuk interkoneksi PLTS Cileungsi ke GI Cileungsi.

Saluran kabel tegangan menengah (SKTM) dan saluran udara tegangan menengah (SUTM) memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Mengingat jarak antara PLTS dan GI tidak jauh (850m) maka pemilihan SKTM lebih diutamakan, selain itu juga daerah PLTS ini adalah daerah pabrik dimana hampir semua jaringan distribusinya adalah SKTM.

Sesuai dengan rencana titik interkoneksi pengembang akan membangun JTM baru dari PLTS Cileungsi dengan diameter penghantar 1 x 240 mm² dengan kemampuan arus yang melewati penghantar seperti pada tabel dibawah ini:

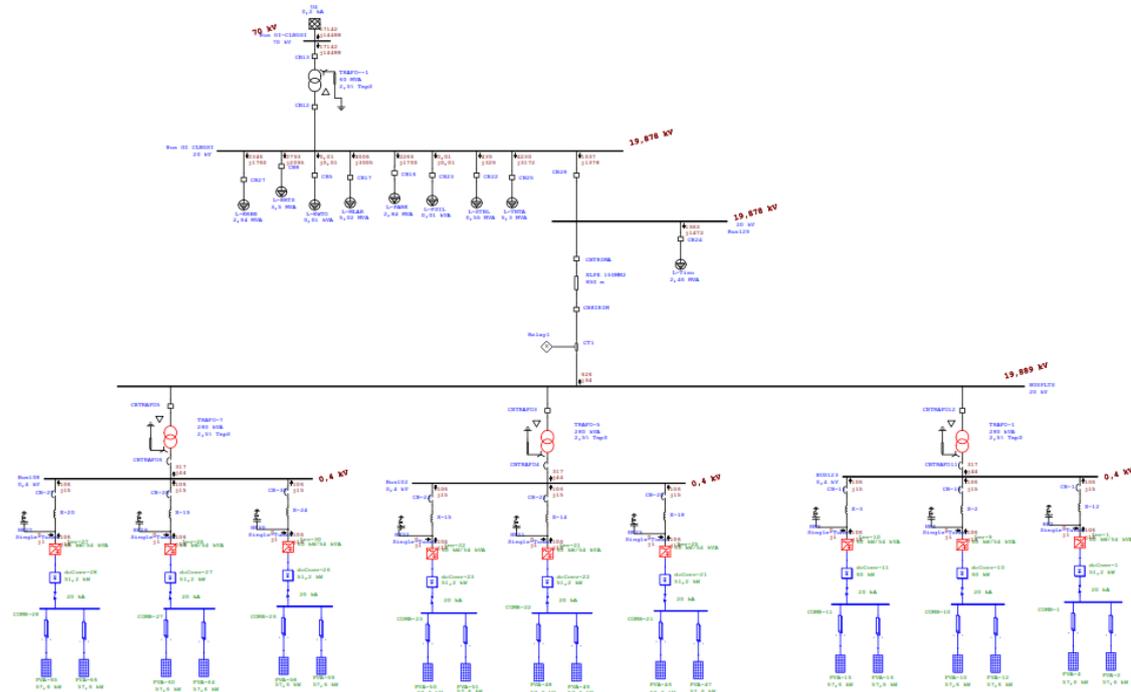
Tabel 6. KHA Kabel yang Digunakan (3)

JENIS KABEL	PENAMPANG NOMINAL MM ²	KUAT HANTAR ARUS			
		TEGANGAN KERJA 6 / 10 KV		TEGANGAN KERJA 9 / 15 KV & 12 / 20 KV	
		DI TANAH (A)	DI UDARA A	DI TANAH (A)	DI UDARA A
1	2	3	4	5	6
N2XSEY N2XSY NSXC Y	35	164	173	164	173
	50	194	206	194	206
	70	236	257	236	257
	95	293	313	285	313
	120	322	360	322	360
	150	362	410	362	410
	185	409	469	409	469
240	474	553	474	553	
300	533	629	533	629	
NA2XSEY NA2XSY NA2XC Y	50	148	161	146	161
	70	184	199	179	204
	95	220	242	214	242
	120	250	280	246	282
	150	281	318	272	319
	185	319	365	308	365
	240	370	425	358	425
300	420	481	398	481	

$$\begin{aligned} \text{Derating faktor} &= 0,9 \times 362 \text{ A} = 325,8 \text{ A} \\ \text{Daya yang mampu ditampung} &= V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3} \\ &= 20 \text{ kV} \times 325,8 \text{ A} \times 0,8 \times \sqrt{3} \\ &= 9028,8 \text{ kW} \approx 9 \text{ MW} \end{aligned}$$

3.4. Simulasi ETAP Aliran Daya, Hubung Singkat, dan Transient Interkoneksi PLTS Cileungsi ke GI Cileungsi

3.4.1. Aliran Daya



Gambar 8. Hasil Simulasi Aliran Daya

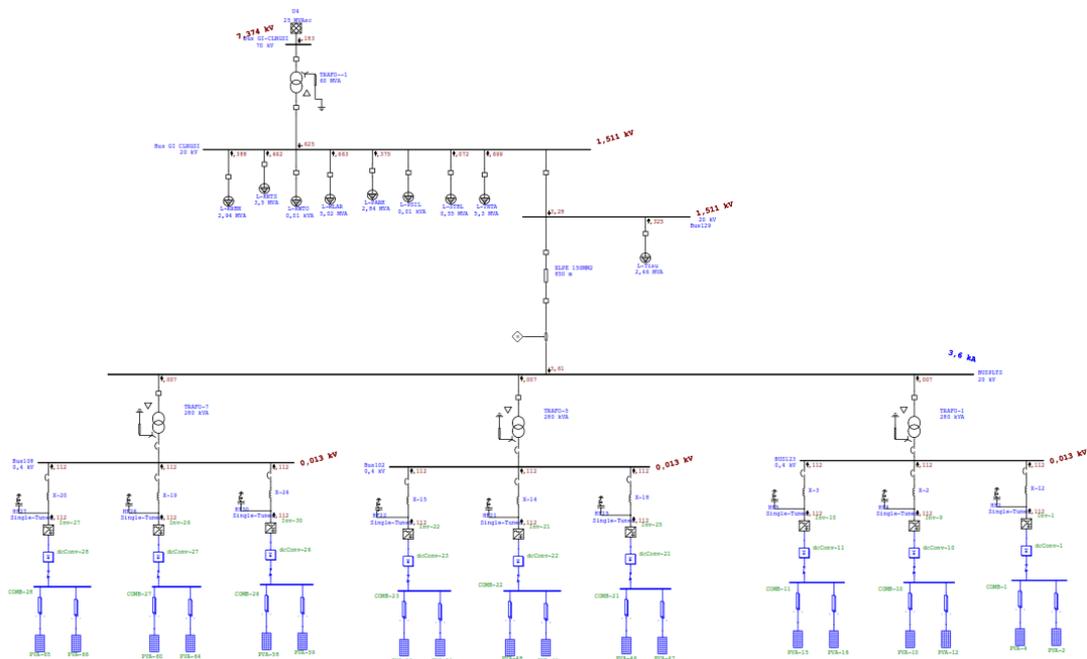
Tabel 7. Hasil Simulasi Aliran Daya

Skenario	Sebelum Interkoneksi	Setelah Interkoneksi
Simulasi Skenario <input type="checkbox"/> Interkoneksi dengan Kondisi WBP <input type="checkbox"/> Titik Penyambung an Opsi-1 <input type="checkbox"/> Kapasitas Pembangkit 1 MW, pf = 0,8	<input type="checkbox"/> Tegangan pada rencana titik Penyambungan / GI Cileungsi = 19,871kV (99,35%) <input type="checkbox"/> Tegangan pada bus GI = 19.871 kV <input type="checkbox"/> Losses jaringan distribusi PLTS ke GI (sisi pengembang) = -	<input type="checkbox"/> Tegangan pada rencana titik penyambungan / GI Cileungsi (%) = 99,39 % atau 19,878 kV <input type="checkbox"/> Tegangan pada PLTS = 19,889 kV <input type="checkbox"/> Losses total = 48 kW + j 1087kVar <input type="checkbox"/> Fluktuasi tegangan pada rencana titik penyambungan = +0,007 kV atau kenaikan sebesar = +0,035 % <input type="checkbox"/> Aliran daya dari pembangkit yang terserap oleh beban GI Cileungsi adalah 0,93 MW <input type="checkbox"/> Losses jaringan distribusi PLTS ke GI (sisi pengembang) = 0,5 kW – j 0,2 kVar <input type="checkbox"/> Drop Tegangan pada titik

3.4.2. Hubung Singkat

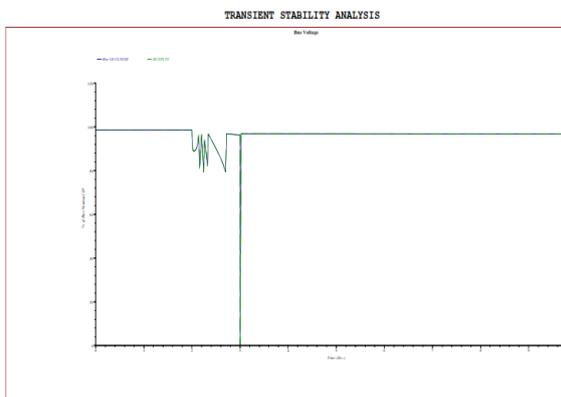
Dari gambar hasil simulasi hubung singkat terlihat bahwa arus hubung singkat yang terjadi saat terjadi gangguan pada bus PLTS tidak lebih dari 16kA (hanya 3,6kA). Hal ini menunjukkan bahwa desain konfigurasi yang direncanakan tidak menimbulkan arus

gangguan hubung singkat yang melebihi kapasitas peralatan. Sehingga aman bagi peralatan eksisting PLN dan peralatan pengembang.

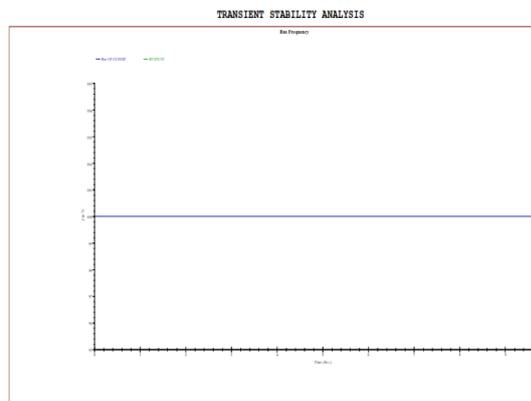


Gambar 9. Hasil Simulasi Hubung Singkat pada Bus PLTS

3.4.3. Transient



Gambar 10. Hasil Simulasi Transient (Bus Voltage)



Gambar 11. Hasil Simulasi Transient (Bus frequency)

Dari ke-tiga simulasi di atas (aliran daya, hubung singkat dan transient) dapat disimpulkan bahwa desain dasar dan konfigurasi jaringan yang telah direncanakan sebelumnya tidak menimbulkan kerugian bagi PLN dan pengembang baik dari sisi jatuh tegangan, rugi-rugi daya, arus hubung singkat yang terjadi dan kestabilan sistem.

3.5. Analisis Sisi Ekonomi

Data untuk analisis ekonomi dari pengembangan PLTS 1MW Cileungsi ini di dapat dari hasil diskusi bersama dengan pihak calon EPC.

Dari tabel 8 berikut didapat beberapa hal sebagai berikut :

- Nilai electricity tariff nya adalah 0,06884 USD/kWh atau Rp 974,09
- Nilai IRR Project nya adalah 6,68%
- Nilai NPV nya adalah 123.845,82 USD
- Payback period adalah 11 tahun

Tabel 8. Hasil Simulasi Ekonomi dari Pengembangan PLTS 1 MW

S/No.	Description	Unit	Value	S/No.	Description	Unit	Value
A. Project Basic Information				D. Operating Assumptions			
	Project Name		Cileungsi Solar Power Plant 1 MW				
	Power Plant Nett Output	kW	1.000,00				
	Installed Capacity	kW	1.073,00				
	Construction Period	months	4		Output Capacity Sold	kWh	1.467.730
	Capacity Factor	%	16%				
	Contract period	year	20				
	Fuel		Photovoltaic				
	Offtakers		PLN				
B. Cost drawdown over construction				E. Electricity Price			
	Turnkey EPC Contract	usd	732.000	1	Comp. A - Capital Cost Recovery	USD	0,065348
	Distribution line	usd	35.000	2	Comp. B - Fixed O & M	USD	0,002300
	VAT	10%	25.460	3	Comp. C - Fuel	USD	
	Total Cost drawdown over construction	usd	792.460	4	Comp. D - Variable O & M	USD	
	1st month drawdown			5	Comp. E - Distribution Line	USD	0,001192
	Land Acquisition	usd			Total Electricity Tariff	USD	0,068840
	Insurance	0,30%	2.301		Total Electricity Tariff	IDR	974,084913
	Development Cost	usd	50.000		IRR on Equity		6,68%
	Total 1st month drawdown	usd	52.301		IRR Project		6,68%
	Interest during construction	usd	-		NPV	USD	123.845,82
	Total Investment & IDC	usd	844.761		Wacc	5,00%	
	Total Working Capital	usd	0				
	Total Project Cost	usd	844.761				
C. Financing Assumptions							
	Interest Rate	%	0,00%				
	Equity cost of capital	%	5,00%				
	Commercial Loan Amount	usd	844.761				
	Percentage of Loan to Project Cost	%	0%				
	Exchange Rate for \$ 1	Rp	14.150,00				
	Percentage of Equity to Project Cost	%	100%				
	Payback Period	Years	11				
	Depreciation/Amortization Rate	%	3,60%				
	Indonesia Corporate Tax rate	%	25%				

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian analisis interkoneksi PLTS Cileungsi 1 MWp pada sistem distribusi PLN Area Cileungsi dapat disimpulkan sebagai berikut :

- PLTS Cileungsi adalah pembangkit EBT yang ramah lingkungan dan diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.
- Kapasitas PLTS direncanakan 1 MWp dengan konfigurasi desain 18 array, dimana 1 array terdiri dari 180 module (6 seri x 30 paralel). Module PLTS yang digunakan memiliki kapasitas 320 watt.
- Titik sambung yang terpilih dari hasil analisis interkoneksi adalah pada opsi I (Ke Usulan GI Cileungsi dengan koordinat 6°25'37.00"S, 106°57'10.00"E, dengan jarak dari pembangkit sejauh 850 m). Jenis penghantar yang digunakan adalah XLPE 150 mm² dengan sirkuit tunggal.
- Interkoneksi PLTS Cileungsi tidak memberikan dampak negatif terhadap sistem distribusi milik PLN dan juga bagi pengembang karena drop tegangan

tidak melampaui batas maksimum $\pm 5\%$ yaitu hanya 0,055 %, dan rugi-rugi daya hanya 0,05%, nilai arus hubung singkat yang terjadi hanya 3,8kA tidak melebihi kapasitas peralatan eksisting yaitu 16 kA, serta jika terjadi gangguan pada PLTS maka tegangan kembali stabil tidak lebih dari 1 detik.

- e) Nilai electricity tariff yang diperoleh dari hasil simulasi adalah 6,884 cent USD/kWh dimana nilai ini masih dibawah BPP setempat untuk daerah Jawa Barat yaitu 6,91 cent USD/kWh. Nilai IRR Project nya adalah 6,68% sedangkan NPV nya adalah 123.845,82 USD dengan payback period pada tahun ke-11.

Disarankan agar dilakukan kajian yang lebih detail untuk melihat dampak interkoneksi PLTS Cileungsi terhadap sistem PLN baik dari sisi teknis maupun finansialnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada PT Indopower International atas semua bantuan dan dukungannya baik untuk penggunaan data dan juga diskusi selama pengerjaan penelitian tesis ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Engineering design development of 52,5 KiloWatt peak solar photovoltaic system for industrial Rooftop building. Damiri, Dhami Johar. 2019, Journal of PhysicsÖ Conference Series, hal. 1.
- [2] Pemanfaatan Energi Surya. Widayana, Gede. 2012, UNDIKSHA, hal. 41.
- [3] International, PT Indopower. Studi Kelayakan PLTS Cileungsi 1 MW. Jakarta : Indopower International, 2018.
- [4] Kholis, Ikhwannul. wordpress.com. [Online] 12 11 2013. <https://ikkkholis27.wordpress.com/2013/11/12/analisis-gangguan-hubung-singkat/>.
- [5] Analisis Sistem Distribusi 20 kV untuk Memeperbaiki Kinerja dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analisis Program. Tanjung, Abrar. 2012, Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Indsutri (SNTIKI) 4, hal. 394.
- [6] Hankins, Mark. Stand Alone Solar Electric System. London, Washington DC : Earthscan, 2010.
- [7] Ross, S. Fundamental of Corporate Finance. New York : McGraw Hill, 2010.
- [8] Suropto, Slamet. Sistem Tenaga Listrik. [pengar. buku] Slamet suripto. Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta : s.n., 2016, hal. 1.
- [9] Biaya Dalam Pembangkitan Tenaga Listrik. Watergius. 2011, Watergius's Journal.
- [10] Elgerd. Electric Energy System Theory. New York : McGraw-Hill Book Company, 1982.
- [11] Marsudi, Djiteng. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta : Erlangga, 2005.
- [12] Dunlop, Solar Jim. ecgllp.com. [Online] 2012. [Dikutip: Tuesday January 2020.] <https://ecgllp.com/files/5614/0200/1304/8-Inverters.pdf>.