

Studi Perancangan Pembangkit Listrik Hibrid (PLTS-PLTD) untuk Suplai Charging Station Fakultas Teknik UNS

Agus Ramelan¹, Pringgo Widyo Laksono², Geovani Rahmad Illahi³

¹Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah

²Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah

³Prodi Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah

Email: agusramelan@staff.uns.ac.id (Korespondensi)

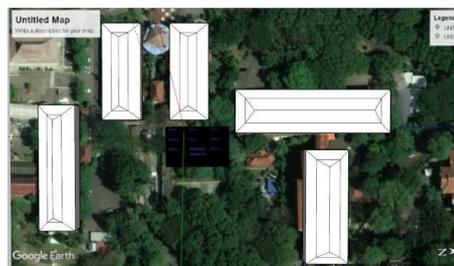
Studi Perancangan Pembangkit Listrik Hibrid (PLTS-PLTD) untuk Suplai Charging Station Fakultas Teknik UNS Berkembangnya teknologi baterai membuat pesatnya pertumbuhan jumlah kendaraan listrik dunia untuk mendapatkan energi yang lebih bersih dan bebas polusi. Akan tetapi penggunaan kendaraan listrik dengan mengandalkan sumber energi dari pembangkit non Energi Baru Terbarukan (EBT) akan menimbulkan permasalahan lain. Yang secara tidak langsung hanya memindahkan polusi dari yang awalnya ada di jalan-jalan kota dipindahkan ke daerah pesisir yang menjadi tempat pembangkit energi listrik non EBT. Oleh karena pemanfaatan pembangkit EBT diperlukan untuk memperoleh sumber energi yang bersih dan energinya digunakan juga pada kendaraan listrik sehingga menciptakan ekosistem EBT yang menyeluruh. Pemanfaatan PLTS-PLTD diharapkan dapat diimplementasikan di Fakultas Teknik UNS dengan kapasitas PLTS sebesar 60kWp dan PLTD sebesar 40kVa. Dengan studi kasus sistem charging station digunakan untuk mengisi daya pada sistem charger AC CCS Type 7kW, Chademo DC 22kW, serta swab station sebesar 1,5kW sebanyak 11 unit. Pada penelitian ini ditentukan komposisi yang tepat pada kapasitas PLTD, PLTS, serta jumlah baterai untuk mendapatkan nilai Cost of Energy (COE) yang paling kecil yakni sebesar Rp. 1.944,00.

Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi sistem penyimpanan energi berupa baterai yang semakin efisien membuat ekosistem kendaraan listrik menjadi semakin membaik. Sampai dengan April tahun 2021 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat bahwasannya terdapat 122 tempat pengisian daya kendaraan listrik (charging station) yang tersebar di Indonesia. Target penggunaan mobil listrik adalah sejumlah 2.200 unit pada 2025 dan 4.200.000 unit pada 2050. Kemudian sepeda motor listrik sejumlah 2,1 juta unit pada 2025 [1]. Masifnya pemerintah dalam mendukung kendaraan listrik adalah untuk mengurangi ketergantungan pemerintah akan bahan bakar fosil serta mendukung program energi bersih. Namun di sisi lain saat per Maret 2017, kapasitas terpasang pembangkit listrik EBT baru 8,80 GW, hanya 2% terhadap 443 GW total potensi EBT di Indonesia [2]. Oleh karena itu selain masifnya program kendaraan listrik perlu adanya penyesuaian jumlah pembangkit energi bersih. Jika tidak, maka dampaknya akan sama saja dan hanya memindahkan polusi karbon dari perkotaan ke daerah pembangkit listrik. Bentuk pemanfaatan lain dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebagai pemasok energi pada kendaraan listrik dan diterapkan pada Charging Station. Sehingga konsep ini mengintegrasikan antara PLTS dengan Charging Station. Sistem PLTS-CS merupakan bentuk komitmen yang nyata dalam mewujudkan ekosistem energi bersih yang utuh karena sumber energi yang dihasilkan berasal dari energi matahari dan digunakan

secara langsung untuk mengurangi bahan bakar fosil pada kendaraan listrik

Untuk mengetahui tingkat kelayakan dari sistem PLTS-CS maka pada penelitian ini dilakukan studi kelayakan dengan menggunakan data sekunder dari proses simulasi menggunakan *software* PVsyst dan Homer. Namun pada implementasinya untuk menunjang suplai daya dari sistem saat terjadi beban puncak. Sistem PLTS-CS tetap menggunakan *backup* daya berupa generator Diesel dan Baterai yang bekerja ketika suplai daya dari PLTS mengalami kekurangan. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah *Off Grid* dimana terdapat 2 buah pembangkit yaitu PLTS dan PLTD dengan sistem penyimpanan berupa baterai *Lead Acid*. Tujuan utama dari sistem *Off Grid* ini adalah untuk mempermudah proses perizinan dengan Lembaga Listrik Negara (PLN) karena tidak terdapat interkoneksi dengan listrik PLN.



Gambar 1. Desain 3D Lokasi

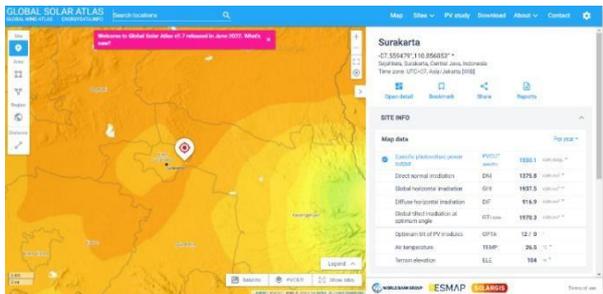
Lokasi yang digunakan pada pembangunan sistem ini berada di Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret tepatnya pada tempat parkir kendaraan. Karena

konsepnya sistem pengisian ini akan ditempatkan bersamaan dengan tempat parkir sehingga pengguna kendaraan listrik tidak perlu membuang waktu dalam mengisi daya kendaraan listrik.



Gambar 2. Potensi Jumlah Modul PV Berdasarkan proses scaling jarak menggunakan Software

Helioscope didapatkan bahwasannya dari 3 atap kanopi jumlah modul PV dengan kapasitas 455Wp dapat dipasang sebanyak 132 lembar sehingga menghasilkan total daya puncak sebesar 60.06kWp. Daya tersebut nantinya akan diinterkoneksi dengan sumber energi dari PLTD sebesar 40kVa.



Gambar 3. Potensi Energi Matahari

Dalam mendesain sebuah PLTS perlu adanya proses estimasi produksi energi. Estimasi tersebut didasari dari besarnya energi iradiasi matahari pada daerah yang akan dibangun. Data iradiasi dapat diperoleh secara langsung menggunakan perangkat *pyranometer* atau data sekunder dari Lembaga meteorologi seperti NASA atau Meteonorm. Berdasarkan hasil percobaan pada Gambar 3, lokasi FT UNS memiliki nilai *Global Horizontal Irradiation* (GHI) sebesar 5.3kWh/m².

Bersarkan data-data tersebut yang didapatkan dari proses simulasi akan dilaksanakan perancangan sistem PLTS-PLTD berdasarkan profil beban yang diasumsikan pada saat beban puncak. Untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian terdapat beberapa poin yang akan dibuat, berikut ini merupakan beberapa poin yang akan dijabarkan pada penelitian ini:

1. Feasibility Study (Studi Kelayakan)

Pelaksanaan pada proses perancangan sistem PLTS-PLTD di Fakultas Teknik UNS ini akan terdiri dari beberapa factor yang dipertimbangkan seperti faktor pasar, faktor teknis, faktor keuangan, serta faktor manajemen dan operasional. Dari kelima faktor tersebut pada penelitian ini akan lebih cenderung membahas kedalam faktor teknis dalam menentukan perancangan sistem PLTS-PLTD yang

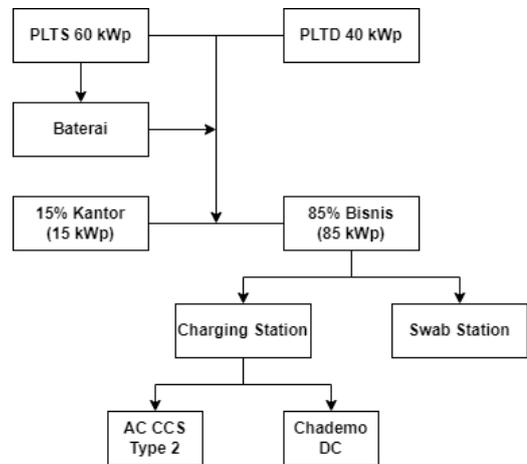
sesuai dengan kondisi di lapangan serta faktor keuangan untuk merancang komposisi komponen PLTS-PLTD yang efektif dan efisien. Faktor teknis yang dibuat berdasarkan proses simulasi untuk mengetahui jumlah produksi energi yang dibuat dan akan menentukan kapasitas pembangkit PLTD serta jumlah baterai sebagai sistem penyimpanan energi yang dibutuhkan untuk menyimpan energi berlebih dari PLTS [3]. Sedangkan pada faktor keuangan akan menggunakan simulasi untuk menentukan besarnya kapasitas PLTS, PLTD, serta jumlah baterai agar mendapatkan nilai *Cost of Energy* (COE) yang paling kecil.

2. Perancangan Detail Engineering Design (DED)

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas lagi maka diperlukan pembuatan *Basic Parameters Design* yang mewakili konsep PLTS-PLTD yang dibuat. Pada desain tersebut berisikan perencanaan komponen yang digunakan serta konfigurasi awal sistem serta diagram alir komponen yang dijelaskan pada *Single Line Diagram* (SLD). Proses perancangan DED ini akan dibuat menggunakan software Autocad dan hanya terbatas pada perancangan konfigurasi komponen elektronisnya saja tanpa memerhitungkan aspek bangunan.

Metode

A. Site Evaluation and Data Information



Gambar 4. Diagram Aliran Daya

Jenis pembangkit yang terdapat pada sistem ini terdiri dari PLTD sebesar 40kWp dan PLTS Sebesar 60kWp. Hasil produksi dari pembangkit tersebut akan digunakan untuk mensuplai beban berupa bisnis sebesar 85kWp dan beban kantor sebesar 15kWp. Suplai utama dari sistem ini berasal dari PLTS digunakan untuk memberikan daya pada *Swab Station*. Apabila terdapat energi yang tersisa maka disimpan kedalam baterai. Namun pada kondisi beban puncak suplai dari PLTS mengalami kekurangan maka menggunakan suplai daya dari baterai. Dan apabila kapasitas baterai sudah habis namun suplai dari PLTS kurang maka *backup* energi terakhir menggunakan generator diesel sebesar 40kVa.

Tabel 1. Daftar Beban Yang Digunakan

No	Jenis Beban	Kebutuhan SuplaiBeban (kW)
1	Kantor	15
2	AC CCS Type 2	7
3	Chademo DC	22
4	Swab Station	16.5
Total		60.5

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 1 jumlah beban yang terdapat pada sistem adalah sebesar 60.5kW. Maka pada perancangan sistem pembangkit perlu mengantisipasi adanya kemungkinan terjadinya beban puncak. Jika sistem hanya bergantung kepada suplai daya dari PLTS sebesar 60kWp maka akan terdapat kondisi dimana suplai daya dari PLTS mengalami kekurangan. Hal ini mengingat suplai daya dari PLTS sangat bergantung terhadap cuaca dan juga waktu. Dimana PLTS hanya akan menghasilkan energi di malam harinamun kondisi beban puncak bisa saja terjadi saat malam hariatau di jam lain yang tidak memungkinkan PLTS untuk mensuplai keseluruhan beban.

Tabel 2. Load Profile per Jam

Jam	Load (kW)				Peak (kW)
	AC CCS2	Chademo DC	Kantor	Swab Station	
0	7	0	0	0	7
1	7	0	0	0	7
2	7	0	0	0	7
3	7	0	0	0	7
4	7	0	0	0	7
5	7	0	0	0	7
6	7	0	0	0	7
7	7	0	0	0	7
8	7	0	15	0	22
9	7	0	15	0	22
10	7	22	15	16,5	60,5
11	7	22	15	16,5	60,5
12	7	7,84	15	0	29,84
13	7	0	15	0	22
14	7	0	15	0	22
15	7	0	15	0	22
16	7	0	15	0	22
17	7	0	15	0	22
18	7	0	0	0	7
19	7	0	0	0	7
20	7	0	0	0	7
21	7	0	0	0	7
22	1,52	0	0	0	1,52
23	0	0	0	0	0
Total (kWh)	155,52	51,84	150	33	390,36

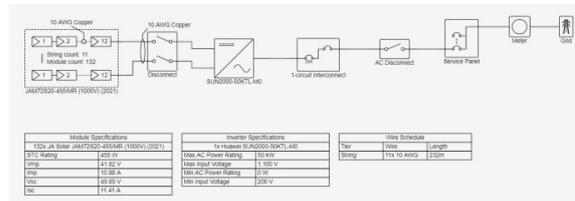
Dari data pada Tabel 1 dibuatlah sebuah scenario maksimum dimana terjadi beban puncak pada saat jam 10.00 dan 11.00. Nilai beban puncak tersebut mencapai 60.5kW sedangkan beban paling rendah berada pada jam 23.00 dengan nilai sebesar 0 kW. Untuk mensuplai energi yang dibutuhkan pada 4 jenis beban tersebut jumlah rata-rata energi per hari yang dibutuhkan adalah sebesar 390.36kWh. Hal ini yang menjadikan perhitungan untuk

menentukan komponen pembangkit agar selain bisa mensuplai pada kondisi beban puncak. Namun kehandalan suplai daya tetap terjaga di setiap waktunya.

Tabel 3. Daftar Beban Yang Digunakan

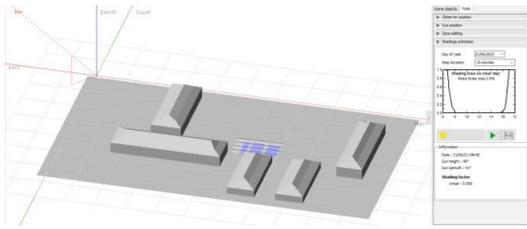
Rooftop wide	951.84 m ²
Total PV Module	132 pcs
DC Nameplate	60.1 kWp
AC Nameplate	50 kWac
PV Module Brand	JA SOLAR 72S20-455
Inverter Brand	SUN2000-50KTL

Setelah menentukan potensi energi di daerah yang direncanakan dan menghitung perkiraan beban. Langkah selanjutnya adalah menentukan komponen PLTS seperti padaTabel 1. Dari total luas atas sebesar 951.84m², jumlah modul PV yang dipasang hanya sebanyak 132 pcs. Jumlah ini disesuaikan dengan ketentuan yang dibuat yaknipembangunan PLTS sebesar 60kWp. Penentuan nominal inverter ditentukan berdasarkan nilai DC/AC ratio sebesar 1.2 sehingga didapat kapasitas inverter yang digunakan adalah sebesar 50kWac. Jenis PV yang digunakan adalah merek JA Solar kapasitas 455Wp dan Inverter PV berupa Huawei SUN2000-50Ktl-M0.



Gambar 5. Single Line Diagram PLTS

Komponen PLTS yang telah ditentukan disusun berdasarkan konfigurasi dengan mempertimbangkan *datasheet* pada modul PV dan inverter. Pada konfigurasi seperti gambar 5 jumlah string yang digunakan adalah sebanyak 11 string dengan jumlah seri PV sebanyak 12 seri untuk tiap stringnya. Setiap string tersebut akan terbagi kedalam 6 buah MPPT yangtersedia pada inverter Huawei SUN2000-50Ktl-M0. Dalam mendapatkan nilai efisiensi yang paling tinggi pada produksi energi di PLTS dapat dilakukan dengan menempatkan modul PV dengan sudut yang paling optimal. Meskipun sudut matahari selalu berubah-ubah, terdapat cara yang dapat dilakukan adalah dengan menempatkan sudut orientasi PV yang memiliki rata-rata penyinaran mataharipaling besar. Berdasarkan gambar 5 yang merupakan tabel perbandingan produksi energi di tiap sudut Azimuth dan Tilt menyatakan bahwa di daerah Klaten sudut orientasi PV yangpaling optimum adalah pada Azimuth 0° dengan Tilt sebesar 10° .



Gambar 6. Analisis Bayangan

Hasil konversi file dari software sketchup ke PVsyst dibuat dalam format .3ds dengan menggunakan fitur konversi yang ada di software PVsyst. Pada PVsyst bentuk desain 3D yang ada akan dilakukan simulasi bayangan. Karena setiap daerah di dunia memiliki sudut perpindahan matahari yang berbedabeda. Maka pada desain 3D perlu diberikan koordinat lokasi. Koordinat tersebut nantinya akan menentukan bagaimana perpindahan sudut matahari di daerah yang akan dibangun PLTS. Ketika melakukan simulasi bayangan akan ada parameter yang menentukan besaran bayangan dalam bentuk persen, parameter ini dinamakan dengan shading factor. Semakin kecil nilai shading factor akan semakin baik, artinya permukaan benda tersebut tidak terkena bayangan daribenda lain dan langsung terkena cahaya matahari secara langsung. Efek bayangan selain disebabkan karena benda lain juga dapat disebabkan karena sudut horizon bumi. Hal ini membuat pada saat fajar dan senja akan terdapat bayangan. Berdasarkan hasil simulasi nilai shading factor paling efektif berada pada jam 8.00 sampai dengan 15.00.

B. Material and Equipment Transport Handling

Dimensions LxWxH	620 x 195 x 370 (without trolley)
Weight	22.5 kg (without cable)
AC input data	22 kW, 3 x 32 A, 400 V +- 10 %, 45-65 Hz
AC plug type	CEE 32, CEE 16, type 2, 3P + N + PE
DC output data	20.8 kW, 60 A, 270-450 V
DC connector type	CCS Type 2, CCS Type 1, CHAdeMO, GB/T
Efficiency	>94 % from 30 % load
Power factor	>0.99 from 50 % load
Conformity and safety	CE, 2014/35/EG, IEC 61851, IEC61000-6-2,-3
Charging standard	DIN70121, ISO15118, CHAdeMO-Ver.1.2/2.0, GB/T-27930-2015

Gambar 7. Spesifikasi Charger Chademo DC 22kW

Input & Output			
Input/Output Voltage	220Vac±10%	Output current	33A 1Phase
Input frequency	50±10%	Charging gun type	IEC 62196-2 / SAE J1772 / GB/T20234.2
Rated power	7 kW	Cable length	4 meters
Power factor	>0.99	Overall efficiency	0.96
Protection			
Overvoltage protection	yes	Undervoltage protection	yes
Overload protection	yes	Short circuit protection	yes
Earth leakage protection	yes	Over-temperature protection	yes
Lightning protection	yes	Overcurrent protection	yes
Function and Accessory			
Network connection	Ethernet / 4G / No	Visual indication	LED indicator light
Communication Protocol	OCPP 1.6 / No	Push Button	Emergency Stop
LED Display	without or 2.4 / 4.3 inch screen	Language	English
Rfid	Type A	RFID	yes

Gambar 8. Spesifikasi Charger CCS Type 2 AC 7kW

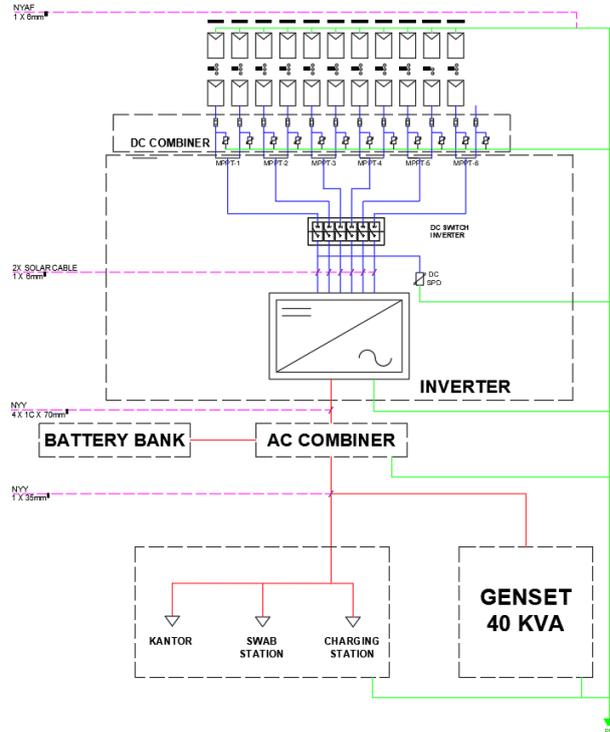
Sistem charging station yang digunakan menggunakan 2 jenis tipe yang berbeda yakni tipe AC CCS type 2 dengan daya sebesar 7kW dengan suplai daya AC 1 phase dan tipe ChademoDC 22kW dengan suplai daya AC 3 phase. Kedua

charger tersebut masing-masing berjumlah 1 yang akan memberikan suplai pada mobil listrik dengan kapasitas baterai sebesar 20kWh untuk tipe AC CCS type 2 dan kapasitas 50kWh untuk tipe Chademo DC.

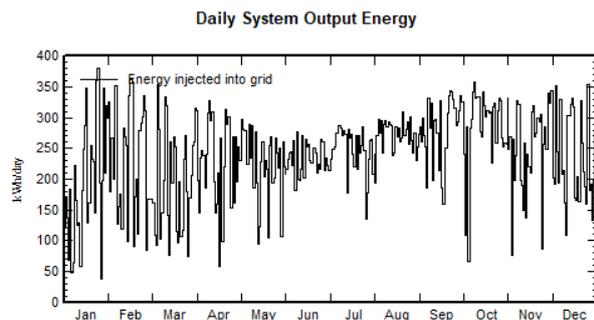
Hasil Kerja/Analisa

A. Review of Technology

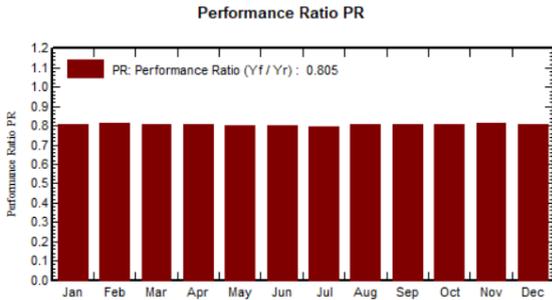
INVERTER 1



Gambar 9. SLD Sistem PLTS-PLTD Dengan Beban



Gambar 10. Produksi Energi per Hari



Gambar 11. Performance Ratio

New simulation variant Balances and main results								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	130.1	78.43	27.27	125.6	117.3	6177	6051	0.808
February	140.2	75.05	27.23	135.7	127.9	6692	6561	0.811
March	133.4	84.65	27.88	129.0	120.2	6328	6199	0.806
April	146.6	75.09	27.80	142.2	132.8	6957	6821	0.805
May	149.6	74.66	28.50	145.5	134.8	7065	6928	0.799
June	150.6	66.00	27.74	146.6	135.5	7122	6985	0.799
July	166.8	56.89	27.62	162.1	150.6	7851	7701	0.797
August	180.2	69.21	27.83	175.2	164.7	8566	8405	0.805
September	180.0	74.81	28.06	174.5	165.2	8542	8383	0.806
October	190.6	84.31	28.78	184.8	175.9	9054	8883	0.807
November	160.5	90.72	27.99	155.4	146.6	7655	7506	0.810
December	158.7	86.76	27.64	151.6	142.2	7456	7309	0.809
Year	1685.3	916.56	27.85	1628.2	1713.6	89466	87732	0.805

Gambar 12. Produksi Energi per Tahun

Rata-Rata Produksi Per Hari = $87732/365 kWh = 240.36 kWh$

- Skenario Beban :
Jumlah Pack Terisi per Hari = 22 Pack Suplai Daya Untuk Pack = $22 \times 1,5 kWh = 33kWh$

- Sisa Produksi Energi per Hari = $240.36 kWh - 33kWh = 207.36kWh$

Untuk menyimpan sisa produksi energi tersebut, maka dibutuhkan baterai dengan spesifikasi :

Jenis : OPZV 2V 1000Ah

Konfigurasi :

Kapasitas = $207360 Wh/48 V = 4320Ah$

Jumlah Paralel = $4320Ah/1000Ah \approx 5$

Jumlah Seri = $48V/2V = 24$

Sisa produksi energi digunakan untuk suplai energi pada sistem charging station dengan tipe AC dan DC dengan perbandingan 3 : 1, maka pembagian energinya adalah sebagai berikut :

CCS Type 2 (AC) = $3/4 \times 207.36kWh = 155.52kWh$

Jumlah kendaraan yang bisa terisi = $155.52kWh/20 kWh = 7$ kendaraan.

Chademo (DC) = $1/4 \times 207.36kWh = 51.84kWh$

Jumlah kendaraan yang bisa terisi = $51.84kWh/50 kWh = 1$

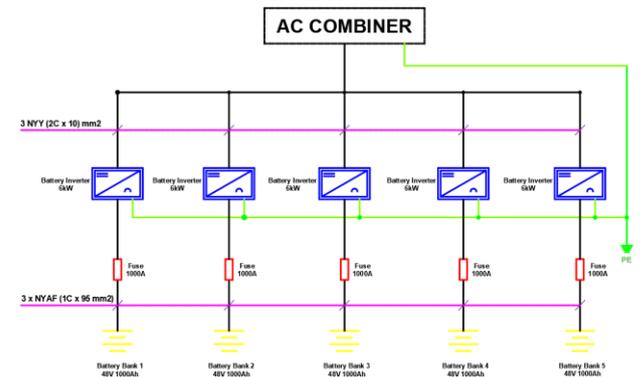
Konfigurasi inverter baterai yang digunakan :

Minimum Suplai ke Beban = $22kW + 7kW = 29kW$

- Jumlah Inverter = $29 kW/6 kW = 5$

Tabel 4. Spesifikasi Inverter Baterai

Specifications	
Brand:	SMA
Model:	SI8.0H
Nominal AC Voltage (Adjustable):	230V (172.5-264.5V)
Cont. AC output at 25°C(45°W):	6000/5430
Cont. AC output at 25°C for 30min/1min/3s (W):	8000/9100/11000
Battery voltage (range):	48V (41-63V)
Max. battery charging current (A):	140
Continuous charging current (A):	115
Max efficiency:	95.8%
Consumption with no load / stand by current (W):	25.8/6.5
Ambient temperature rating (degrees celcius):	-25 to +60
Suitable battery capacity:	100 to 1000AH (Lead acid) 50 to 1000AH (Lithium)
Weight (kg):	63
Size (mm) WxHxD:	467x612x242
Warranty:	10 Years



Gambar 13. SLD Battery Bank

B. Financial Analysis

Tabel 4. Harga Pembangunan Sistem PLTS-PLTD

No	Komponen	Biaya (Jt,Rp)		
		Capital	Replacement	O&M
1	PV	78 1	78,1	7,81
2	Baterai	84 0	8,4	0,84
3	Inverter	23 0	23	2,3
4	Diesel	65	6,5	0,06

The screenshot displays a table of optimization results with columns for various system components and their associated costs. The table lists multiple configurations and their total costs, with the optimal configuration highlighted.

Gambar 14. Hasil Optimasi



Gambar 15. Analisis Produksi Energi

C. Sensitivity Analysis

Analisis finansial pada perancangan PLTS-PLTD dilakukan untuk menunjang studi kelayakan. Biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk membuat sistem PLTS-PLTD yang paling optimal berdasarkan scenario simulasi adalah Rp.867.157.541,00 dengan biaya *Operational and Maintenance* per tahun sebesar Rp.4.056.934,00 diperoleh harga jual per kWh/*Cost of Energy* (COE) sebesar Rp.1.944,00. Biaya tersebut mempertimbangkan faktor inflasi sebesar 5% pertahun dan dengan nilai *discount rate* sebesar 8% pada asumsi lama waktu investasi selama 25 tahun.

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* PVsyst estimasi produksi energi yang dihasilkan oleh PLTS adalah sebesar 240.36kWh per hari. Jumlah energi tersebut masih tidak cukup untuk menyuplai beban harian yang kebutuhan energi hariannya mencapai 390.36kWh.
2. Sistem pembangkit agar dapat menjaga kehandalan suplai daya perlu ditambahkan pembangkit berupa PLTD dengan kapasitas sebesar 40kVa dan sistem penyimpanan energi baterai sebesar 96kWh.
3. Berdasarkan skenario yang dibuat menggunakan *software* Homer komposisi PLTS sebesar 30kW, PLTD 40kVa, Baterai 96kWh, dan Inverter 26.5kW menjadi yang paling optimal dengan nilai *Cost of Energy* sebesar Rp.1.944,00..

Ucapan Terimakasih

Publikasi ini didukung oleh program penelitian PUT-Non-APBNP UNS dengan nomor kontrak : 228/UN27.22/PT.01.03/2023. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.

Referensi

1. I. Utami, D. Yoesgiantoro, and N. A. Sasongko, "Implementasi Kebijakan Kendaraan Listrik Indonesia Untuk Mendukung ketahanan Energi Nasional Implementation Of Battery-Based Electric Motor Vehicle Policies To Support National Energy Security."
2. E. Untuk Kini and D. Nanti, "Energi Terbarukan."
3. R. Aita Diantari, C. Widyastuti, and T. Elektro, "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS."
4. I. Made et al., "Kajian Pemanfaatan Dan Ketersediaan Plts Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Kapal 5 GT Di Nusa Tenggara Timur."
5. S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," 2015.
6. S. Ali and T. M. Azis Pandria, "Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh," vol. 5, no. 1, 2019.
7. M. Fadlan Siregar, "Analisis Efisiensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Efficiency Analysis Of Solar Power Plant System," JESCE, vol. 4, no. 2, p. 2020, doi: 10.31289/jesce.v4i1.3867.
8. L. Sulastri, Studi Kelayakan Bisnis Untuk Wirausaha.