

PERANCANGAN DAN ANALISA KELAYAKAN PEMBANGUNAN SISTEM PHOTOVOLTAIC BERKAPASITAS 60 KWP DI PEMBANGKIT PEMARON

Rian Nurdiansyah¹, Yuda Muhammad Hamdani², Andri Ulus Rahayu³
Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia^{1,3}
Teknik Elektro, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta, Indonesia²
email: riannurdiansyah42@unsil.ac.id

Abstract

Development planning of Pemaron Photovoltaic (PV) plant is intended as an effort to reduce the use of power from the grid. Using PV is expected to be able to provide a reduction in the use of electricity itself from the generating unit and Pemaron generator building. In its design, PV systems are used without transformers because electricity from the inverter is directly used as a power source for the Pemaron generating unit. The amount of power from the inverter used is in accordance with the power consumption of the Pemaron generator itself which is 48,272 Watts, or rounded to 50kW. As a generator, PV modules are used with the capability of up to 200 watts, so that around 300 modules are needed with a combination of series and parallel circuits to get the voltage and current in accordance with the inverter specifications used. With the installation of this PV system can provide savings in electricity usage expenses for PLN with an effective 25-year PV sistem time span of US \$ 126,081.

Keywords: renewable energy, photovoltaic sistem design, power plant unit, annual cost.

Abstrak

Perencanaan pembangunan *Photovoltaic (PV)* di pembangkit Pemaron ditujukan sebagai salah satu upaya untuk menurunkan penggunaan daya dari jaringan listrik PLN. Dengan menggunakan *PV* diharapkan mampu memberikan pengurangan terhadap pemakaian listrik sendiri dari unit pembangkit dan gedung pembangkit Pemaron. Pada perancangannya digunakan sistem *PV* tanpa trafo karena listrik dari *inverter* langsung dijadikan sebagai sumber listrik untuk unit pembangkit Pemaron. Besarnya daya dari *inverter* yang digunakan adalah sesuai dengan pemakaian daya di pembangkit Pemaron itu sendiri yaitu 54.388 watt, atau dibulatkan menjadi 60kW. Sebagai pembangkitannya digunakan modul *PV* dengan kemampuan hingga 200 watt, sehingga diperlukan 300 buah modul dengan kombinasi rangkaian seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus yang sesuai dengan spesifikasi *inverter* yang digunakan. Pemasangan sistem *PV* ini dapat memberikan kontribusi terhadap penghematan dalam penggunaan listrik dari PLN dengan memperhitungkan 25 tahun masa pakai efektif *PV* sekitar 25 tahun dengan nilai sekitar US\$ 126.081.

Kata Kunci: Energi terbarukan, desain sistem photovoltaic, unit pembangkit listrik, biaya tahunan.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Pemaron merupakan salah satu pembangkit listrik yang terdapat di Pulau Bali. Pada mulanya pembangkit Pemaron digunakan untuk memberikan suplai listrik di Pulau Bali. Setelah adanya interkoneksi Jawa-Bali, menyebabkan pembangkit Pemaron menjadi jarang digunakan dan selalu berada dalam kondisi *standby*. Pembangkit hanya akan digunakan saat terjadi gangguan pada pembangkit Pesanggrahan atau pada sistem interkoneksi Jawa-Bali. Bahkan dalam 6 bulan terakhir, pembangkit Pemaron belum pernah beroperasi[1][5].

Pembangkit Pemaron merupakan pembangkit listrik tenaga gas yang menggunakan gas atau HSD (*High Speed Diesel*) sebagai bahan bakar pembangkitnya. Sifat dari pembangkit ini adalah mengharuskan perawatan berkala dari pembangkit dengan pemanasan mesin dan perawatan lainnya. Hal ini menyebabkan unit pembangkit Pemaron tidak bisa menghasilkan pendapatan terhadap unit pembangkit. Selain itu, penggunaan listrik di kantor unit pembangkit menggunakan listrik dengan suplai dari trafo PLN dengan tarif listrik yang sama dengan pengguna lain.

Penggunaan listrik dari kantor unit pembangkit inilah yang menjadi permasalahan untuk mengurangi pengeluaran dari unit Pemaron. Maka dari itu, sebagai solusi jangka panjang dari permasalahan tersebut adalah dengan membangun sebuah pembangkit listrik energi terbarukan berupa *PV* sebagai suplai listrik untuk unit perkantoran dari pembangkit Pemaron.

Pemilihan *PV* sebagai suplai energi listrik kantor adalah karena ketersediaan cahaya matahari di daerah Indonesia yang cukup melimpah dan memiliki waktu aktif yang cukup panjang. Selain itu biaya yang diperlukan hanya untuk pembangunan awal dari fasilitas pembangkitannya dan juga tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan.

Kekurangan dari *PV* ini adalah harga pembuatan awalnya yang cukup besar dan listrik keluarannya yang berupa *DC* menyebabkan pembuatannya memerlukan biaya yang lumayan tinggi. Karena itu untuk menilai keefektifan dari pembangunan *PV* di unit Pemaron, diperlukan pengkajian dari hasil penghematan yang bisa dilakukan dengan *PV* tersebut agar pembangunan *PV* tersebut tepat guna dan mampu melakukan penghematan.

II. METODE

Metode yang dilakukan adalah dengan melihat pemakaian daya dari unit pembangkit Pemaron yang diambil dari jaringan PLN. Kemudian dari penjumlahan beban puncak dari keseluruhan kompleks perkantoran menjadi acuan pembuatan *PV* yang mampu memenuhi kebutuhan tenaga listrik di pembangkit Pemaron tersebut[2].

Kemudian dari hasil pengukuran daya tersebut, direncanakan besarnya *PV* yang akan dibangun dengan daya sebesar 55 kWp. Tetapi karena kemampuan *inverter* yang terdapat di pasaran adalah sebesar 60 kW, maka daya yang digunakan sebagai acuan dibulatkan menjadi 60 kWp.

Dengan acuan daya tersebut kita bisa menentukan berapa banyak modul *PV* yang dibutuhkan dan spesifikasi peralatan lainnya yang dibutuhkan untuk mendapatkan keluaran listrik yang dibutuhkan.

Sementara untuk sistem *PV* yang digunakan adalah *PV* tanpa trafo dan *hybrid*, karena keluaran dari modul *PV* langsung masuk ke *inverter* atau ke baterai dan keluaran *inverter* digunakan langsung untuk mensuplai daya ke peralatan listrik yang digunakan di unit pembangkit Pemaron tanpa melalui jaringan distribusi dan tanpa melalui trafo step up dan step down tapi masih terhubung ke jaringan PLN sebagai sumber tenaga listrik jika terjadi gangguan pada sistem *PV* dan juga bisa menjadi suplai listrik ke jaringan PLN jika jaringan membutuhkan suplai tambahan[3][4][7].

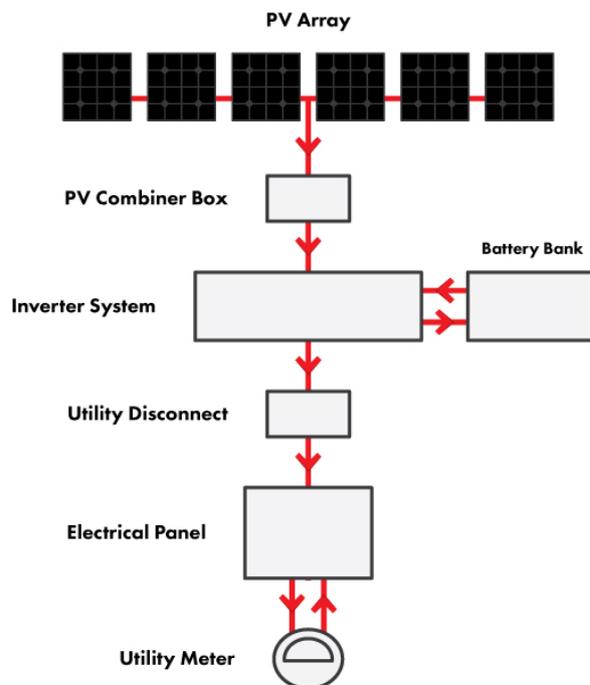
Tbl 1. Data Pemakaian Daya

No	Nama Gedung	Pengukuran Daya (W)		
		R	S	T
1	Gedung Utama Malam	1.386,08	1.527,38	3.203,06
2	Gedung Utama Pagi	424,45	1.600,34	1.364,07
3	Pemakaian Unit	16.517,72	15.085,78	13.278,77
Total		18.328,25	18.213,49	17.845,89
Total keseluruhan		54.388		

III. HASIL

A. Rangkaian Pemasangan Sistem *PV* hybrid

Pemasangan *PV* dengan sistem *hybrid* membutuhkan beberapa komponen untuk mampu memberikan suplai listrik bagi sistem kelistrikan gedung.

Gbr 1. Bentuk Susunan Sistem *PV* Hybrid

Pada sistem *PV hybrid* tetap dibutuhkan baterai sebagai suplai kepada sistem agar bisa memberikan suplai daya

listrik ketika cahaya matahari telah berkurang bahkan jika telah hilang yaitu ketika malam hari.

Selain itu, dibutuhkan utility disconnect agar bisa memutuskan dan menghubungkan hubungan antara sistem listrik dengan sistem *PV* itu sendiri. Sehingga tidak akan terjadi short circuit antara *PV* dan sistem PLN. Selain itu dibutuhkan utility meter untuk menghitung banyaknya daya listrik yang di suplai ke sistem[6].

Untuk pembangunan *PV* sistem *hybrid* ini harganya bisa mencapai \$129.000,- dengan harga pasaran sekarang termasuk pembuatan dan pemasangan instalasinya. Harga ini sudah termasuk pajak dari peralatan *PV* yang digunakan.

B. Perhitungan Banyaknya Modul *PV*

Langkah pertama dari perencanaan *PV* adalah mengetahui spesifikasi dari panel *PV* yang akan digunakan. Untuk panel surya yang beredar di pasaran yang paling tinggi adalah berkisar pada daya 180-200 watt dari setiap panel surya. Dengan tegangan keluaran berkisar 36-40 volt dengan arus maksimum hingga 5,58 A. Berikut salah satu spesifikasi dari solar panel yang bisa digunakan:

Tbl 2. Data Spesifikasi Panel Surya

No	Spesifikasi:
1	Model PC 150-200 W-36 V
2	Poly - crystalline solar cell
3	No. Of cells and connections 144 (6x24)
4	Dimension of module (1690x950x45) mm
5	Weight 21,50 kg
6	Power at STC (Pm), 200 W
7	Max power voltage (Vpm) 35,8 V
8	Max power current (Ipm) 5,58 A
9	Open circuit voltage (Voc) 43,57 V
10	Short circuit current (Isc) 6,03 A
11	Tolerance $\pm 3\%$
13	Operating temperature -40 to + 85 °C
14	Maximum sistem voltage 1000 V
15	Front glass 3.2 mm tempered
16	Juction box IP65 rated
17	Frame Anodized Aluminium Alloy
18	Max load ≥ 4000 Pa
19	Nominal operation cell temperature 4 °C \pm 2°C
20	Power output coefficient 0.06 \pm 0.01 %/k
21	Voltage temperature coefficient -(155 \pm 10) mV/k
22	Power temperature coefficient -(0.5 \pm 0.05) %/K
23	Warranty 5 years for material and workmanship
24	Power output maintained 90 %in 15 years and 80 in 25 years.

Dengan begitu, bisa diperkirakan banyaknya panel surya yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan:

$$n = \frac{\text{daya yang direncanakan}}{\text{kapasitas daya modul}}$$

$$n = \frac{60.000}{200}$$

$$n = 300 \text{ unit modul}$$

Jadi diperlukan 300 modul untuk bisa mensuplai keseluruhan unit pembangkit dan membangkitkan sekitar 60 kW daya keluaran dari keseluruhan modul panel surya.

Dalam pemasangannya modul *PV* dipasang dengan kombinasi seri dan paralel dengan mengacu pada spesifikasi dari *inverter* yang digunakan terutama pada tegangan masukan dari *inverter* tersebut kemudian diperhitungkan

dengan besarnya tegangan dan arus keluaran dari modul PV sehingga keluaran dari PV bisa memenuhi spesifikasi dari inverter yang digunakan.

Tbl 3. Data Spesifikasi Inverter

No	Spesifikasi
1	DC input:
	Model SG60KTL
	Max DC voltage 1000 VDC
	MPP Voltage Range 570 - 850 VDC
	Max. DC Power 60 kWp
	Max. Input Current 120 A
	Max. Number of Strings 14
2	AC Output:
	Output power 60 kW
	Operating Voltage 310 -480 Vac (3 phases)
	Operating frequency 50 Hz/60 Hz
	Current THD < 3 % (at nominal power)
	Power factor ~ 1 (at nominal power)
3	Sistem:
	Max. Efficiency 98.9 %
	Protection Degree IP 65 (outdoor)
	Operating temperature -25 ~ +60°C
	Cooling Method smart forced air cooling
	Relative humidity 0 ~100 %, non condensing
	Dimention 2200 x 850 x 180 mm
	Weight 60 kg
	Display and Communications graphic LCD
	Standar Comm. Interface RS484

C. Perhitungan banyaknya modul PV terhubung seri

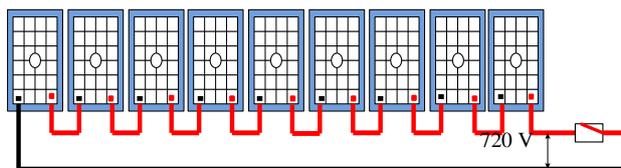
Pemasangan modul PV yang terhubung seri ditujukan untuk mendapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan besarnya tegangan masukan inverter. Pada inverter daya 60kW masukannya adalah sebesar 560-850 VDC dengan besar keluaran dari PV sebesar 36 volt DC, sehingga banyaknya modul PV terangkai seri adalah:

$$PV \text{ seri} = \frac{\text{tegangan input inverter}}{\text{tegangan output modul}}$$

$$PV \text{ seri} = \frac{560}{36} \text{ atau } \frac{850}{36}$$

$$PV \text{ seri} = 16 \text{ atau } 24 \text{ unit modul}$$

Jadi agar inverter bisa bekerja dengan baik diperlukan 16 hingga 24 modul yang terhubung seri. Maka untuk mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh bisa digunakan sebanyak 20 modul dengan melihat batas atas dan batas bawah. Dengan pemilihan 20 modul ini, maka tegangan masukan ke inverter adalah sebesar 720 volt. Skema bentuk pemasangannya adalah sebagai berikut:



Gbr 2. Bentuk Susunan Rangkaian Seri PV

Nilai arus yang akan keluar dari susunan seri PV adalah sebesar 5,6 A yaitu sama dengan besar arus keluaran nominal dari satu PV. Sedangkan tegangannya adalah banyaknya PV dikalikan dengan besarnya keluaran dari PV tersebut sehingga dihasilkan nilai keluaran sebesar 720V.

D. Perhitungan banyaknya modul PV terhubung paralel

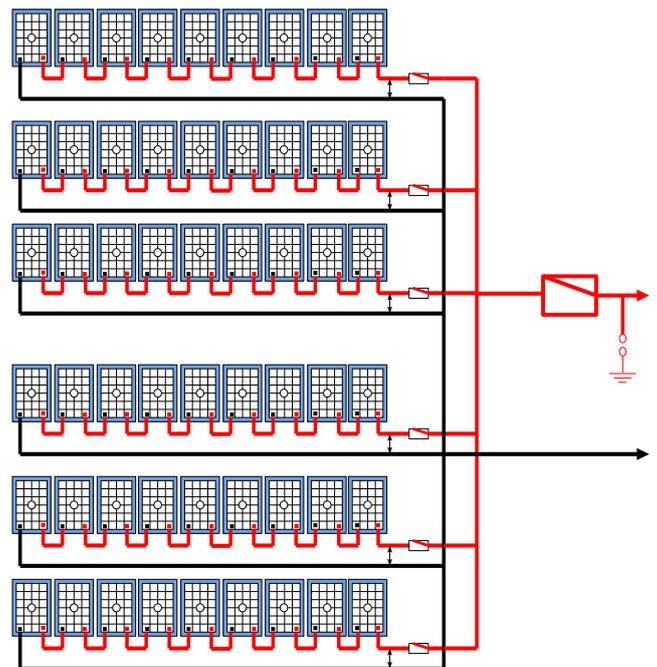
Pemasangan modul PV yang terhubung paralel ditujukan untuk mendapatkan nilai arus yang sesuai dengan besarnya arus masukan inverter. Pada inverter daya 60kW masukannya adalah sebesar 120 A dengan besar keluaran dari PV sebesar 5,6 Ampere. Jika dengan nilai tegangan tetap yaitu sebesar 720V, maka daya keluaran akan mencapai 80kW. Sehingga untuk mencapai nilai 60 kW, arus yang dikurangi menjadi 84 Ampere. Perhitungan banyaknya modul PV terangkai paralel adalah:

$$PV \text{ paralel} = \frac{\text{ arus minimum inverter}}{\text{ arus output modul}}$$

$$PV \text{ paralel} = \frac{84}{5.6}$$

$$PV \text{ paralel} = 15 \text{ unit modul}$$

Jadi agar inverter bisa mencapai daya minimal yang diperlukan untuk suplai listrik unit yaitu sebesar 60kW diperlukan 15 modul yang terhubung paralel. Dengan 15 modul ini bisa dihasilkan arus keluaran sebesar 84A, sehingga bisa didapatkan keluaran daya minimum sekitar 60kW. Skema bentuk pemasangannya adalah sebagai berikut:



Gbr 3. Bentuk Susunan Rangkaian Paralel PV

Dengan spesifikasi seperti tersebut diatas, maka kebutuhan daya untuk unit Pemaron bisa terpenuhi dengan besarnya daya sebesar 60kWp. Sedangkan banyaknya modul yang dibutuhkan jika melihat susunan dari kombinasi seri dan paralel dari modul didapatkan banyaknya modul:

$$n \text{ modul} = 20 \text{ seri} \times 15 \text{ paralel}$$

$$n \text{ modul} = 300 \text{ buah modul}$$

Hasil tersebut sesuai dan sama dengan perhitungan banyaknya modul dengan persamaan banyaknya daya yang dibutuhkan sehingga bisa dipastikan besarnya daya yang bisa dihasilkan oleh rangkaian PV tersebut mampu memenuhi kebutuhan daya unit pembangkit.

E. Perbandingan biaya pembangunan PV dengan tarif listrik

Dalam pembangunannya, PV merupakan salah satu pembangkit listrik yang cukup mahal dan eksklusif. Tetapi jika dilihat secara jangka panjang, maka akan lebih terlihat penghematan yang terjadi karena umur pemakaian PV sendiri bisa mencapai 25 tahun. Karena itu perlu perbandingan jangka panjang antara biaya yang digunakan jika menggunakan listrik PLN dengan biaya pembuatan sistem PV itu sendiri. Dengan perhitungan tarif dasar listrik yang diterapkan oleh PLN maka bisa dibuat perbandingan antara biaya pembuatan dengan biaya pembuatan sistem PV itu sendiri.

Tbl 4. Data Pemakaian Bulanan

Month	Energy Consumption (kWh)	Energy Cost (IDR)
January	7.685	Rp 9.152.835,00
February	6.634	Rp 7.901.094,00
March	5.534	Rp 6.590.994,00
April	7.231	Rp 8.612.121,00
May	8.803	Rp 10.484.373,00
June	6.532	Rp 7.779.612,00
July	7.732	Rp 9.208.812,00
August	9.654	Rp 11.497.914,00
September	5.789	Rp 6.894.699,00
October	6.432	Rp 7.660.512,00
November	5.632	Rp 6.707.712,00
December	8.842	Rp 10.530.822,00
TOTAL	86.500	Rp 103.021.500,00 USD 7.043,24

Dari data pemakaian selama satu tahun tersebut dengan asumsi nilai tukar rupiah terhadap dolar dan tarif dasar listrik tetap selama rentang 25 tahun pemakaian PV maka bisa didapatkan besarnya pengeluaran sebesar US\$176.081. Sementara itu biaya pembangunan fasilitas PV hanya sekitar US\$50.000. Perhitungan secara kasar antara dua biaya tersebut bisa menjadikan pertimbangan bahwa pembangunan fasilitas PV di Pemaron sudah tepat dan mampu memberikan keuntungan serta penghematan terhadap pengeluaran yang terjadi.

IV. DISKUSI DAN ANALISA

Berdasarkan kebutuhan tenaga listrik pemakaian sendiri pembangkit Pemaron dengan total beban yang terpasang 54,388 kW. Efisiensi dilakukan berupa penggantian sumber tegangan dari trafo menggunakan sumber dari photovoltaic. Hal ini dilakukan guna mengurangi konsumsi daya sendiri. Perancangan PV untuk pemenuhan kebutuhan pemakaian sendiri di Pembangkit Pemaron didapatkan hasil kapasitas daya PV yang harus di pasang adalah 60 kWp.

Total modul PV yang dirancang sesuai dengan perhitungan yaitu mencapai 300 modul. Pemasangan modul dilakukan dengan 2 cara, secara seri maupun parallel. Hal ini dilakukan agar parameter keluaran PV sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Total modul yang terpasang 20 seri x 15 paralel. 20 seri modul PV menghasilkan tegangan 720 volt dengan arus yang mengalir 5.6 ampere tiap rangkaian secara seri. Sedangkan modul 15 secara parallel menghasilkan tegangan 720 volt dengan arus mencapai 84 ampere, sehingga arus inverter dapat disuplai oleh modul PV yang terpasang.

Dari hasil berikut didapat hasil untuk pemasangan sistem PV dengan daya yang dihasilkan 60 kW dibutuhkan 300 modul yang harus terpasang dengan pemasangan 20 modul seri dan 15 modul paralel.

V. KESIMPULAN

Dari Perancangan sistem PV pada pembangkit Pemaron yang menghasilkan daya mencapai 60 kW. Hal ini sudah cukup untuk menggantikan sumber daya untuk pemakaian sendiri di pembangkit Pemaron. Perancangan dilakukan guna melakukan efisiensi pemakaian sendiri di pembangkit Pemaron yang sudah tidak lagi dioperasikan sebagai penyuplai tetap jaringan di Bali. Sehingga untuk pemakaian sendiri harus membeli kepihak PLN dengan melewati trafo distribusi. Hal ini kurang bermanfaat pada sistem yang sudah tidak beroperasi sebagai pembangkit, hanya dioperasikan jika terjadi kendala pada sistem. Dengan adanya sistem PV, pemakaian sendiri di pembangkit Pemaron dapat diminimalisir dan menghilangkan sumber dari PLN. Sehingga pembangkit hanya *standby* apabila terjadi gangguan saja. Untuk pemakaian sendiri pembangkit Pemaron dapat disediakan oleh sistem PV yang dirancang.

REFERENSI

- [1] Bien, LE, dkk., "Perancangan sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan," Jakarta: Teknik Elektro Universitas Trisakti, 2008.
- [2] Hankins, Mark, "Stand-Alone Solar Electric Systems. London: Earthscan," 2010.
- [3] Papadopoulou, Elena V.M., "Photovoltaic Industrial Systems," Berlin: Springer, 2011.
- [4] Asim M. Widatalla, Heimo Zinko, "Designing a Photovoltaic Solar Energy System for a Commercial Building Case Study: Rosa Park Hotel in Khartoum-Sudan," World Renewable Energy Congress-Sweden, 2011.
- [5] Muhammad Hariansyah. "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Kapasitas 25 kWp" 2009.
- [6] Washington State University Extension Energy Program, "Solar Electric System Design, Operation and Installation," 2009.
- [7] International Finance Corporation. "Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants," Washington, D.C., 2015.

BIOGRAFI PENULIS



Rian Nurdiansyah, merupakan salah seorang Dosen Teknik Elektro Universitas Siliwangi. Lahir di Ciamis 20 September 1988, kemudian sekolah di Universitas Siliwangi pada tahun 2007 dan melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2017. Konsentrasi penelitian dalam bidang tegangan tinggi dan sistem tenaga. Hingga kini masih aktif sebagai pengajar dan peneliti di Universitas Siliwangi.