

**RANCANG BANGUN PV SYSTEM UNTUK OPTIMALISASI BIAYA  
LISTRIK BENGKEL KENDARAAAN**

Makalah

diajukan untuk memenuhi ujian tengah semester mata kuliah Sistem

Energi Listrik Terbarukan

oleh:

Nurrahman Rizky (NIM 1102190010)



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS TELKOM

BANDUNG

2021

RANCANG BANGUN PV SYSTEM UNTUK OPTIMALISASI BIAYA LISTRIK  
BENGKEL KENDARAAN  
UNIVERSITAS TELKOM

Makalah ini ditujukan sebagai bahan pertimbangan atas rancangan pembangunan *on-grid PV system* yang akan diimplementasikan pada sebuah bengkel kendaraan yang berlokasi di daerah Batununggal, Bandung. Pembangunan tersebut dilakukan dengan harapan untuk mengurangi biaya listrik yang diperlukan tiap bulannya. Kedepannya, makalah ini akan membahas lebih lanjut lagi bagaimana sebuah *on-grid solution* dari *PV System* dapat melakukan penghematan biaya listrik.

*PV System (Photovoltaic System)* atau yang biasa dikenal dengan sistem tenaga surya adalah sistem pembangkitan listrik yang didesain untuk memanfaatkan energi surya dari matahari melalui panel surya dalam sebuah proses fotovoltaiik. Sistemnya terdiri dari sebuah panel surya yang dihubungkan dengan sebuah *inverter* atau *battery pack* yang akan mengubah tegangan DC dari panel surya menjadi tegangan AC sehingga dapat digunakan pada sebagian besar elektronik. *PV system* pada umumnya dirancang diatap sebuah bangunan untuk memaksimalkan energi surya yang dapat diserap oleh panel surya. Sistem ini juga dirancang dengan berbagai konfigurasi, yakni secara *off-grid* dan *on-grid*. Pada pembahasan ini, sistem *on-grid* akan digunakan dalam perancangan dikarenakan karakteristiknya yang mudah dan *cost-effective* sehingga menjadi pilihan populer dalam rancangan PV system non – industrial. Sistem *on-grid* bekerja PV system yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN melalui *net-metering*. Dengan sistem ini, pengurangan tagihan listrik dapat dengan mudah dicapai dengan mengirimkan daya listrik yang dihasilkan dari PV system ke *grid* milik PLN.

Kata kunci : panel surya, on-grid, inverter

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan potensi energi terbarukan yang tinggi dikarenakan iklim dan letaknya di wilayah tropis . Salah satu energi terbarukan merupakan sinar matahari yang secara umum telah menjadi karakteristik dari iklim tropis yang dimiliki oleh Indonesia. Dengan nilai iradiasi harian rata-rata 4,5 – 4,8 kWh/m<sup>2</sup>, Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pemanfaatan energi surya sebagai salah satu alternatif untuk energi terbarukan, sinar matahari tidak menghasilkan pencemaran dan limbah sehingga cocok untuk menjadi pelopor dalam listrik bersih di dunia.

Makalah ini akan dibahas perancangan PV system *on-grid* dengan melakukan pembangkitan listrik untuk sebuah bengkel yang berlokasi di Batununggal, Bandung. Lokasi ini memiliki nilai iradiasi sinar matahari dengan kisaran nilai 3.391 kWh/m<sup>2</sup>. Atap bangunan dari bengkel tersebut diperkirakan memiliki luas 100 meter persegi sehingga pemasangan dari beberapa panel surya seharusnya tidak akan menjadi masalah.



Selain dengan potensi yang tinggi, kebijakan yang baru yang dikeluarkan oleh Kementerian ESDM turut mendorong penggunaan EBT sebagai solusi pembangkitan listrik bagi masyarakat. Peraturan yang dimaksud adalah Peraturan Menteri (Permen) ESDM Nomor 49 Tahun 2018 jo No. 13/2019 jo No.16/2019 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atas oleh Konsumen PT PLN (Persero) menuju revisi terbarunya yakni Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atas yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum. Berbagai kebijakan mengalami perubahan akan tetapi, terdapat satu kebijakan yang patut mendapatkan sorot utama. Kebijakan tersebut adalah ketentuan ekspor listrik dimana skema *net-billing* yang dibolehkan diubah dari awalnya 65% menjadi 100%. Hal ini menjadi hal yang cukup signifikan bagi masyarakat yang tertarik untuk mulai beralih menggunakan EBT karena besar pengurangan biaya yang mereka dapatkan akan meningkat.

Dengan mempertimbangkan berbagai hal diatas, maka pembangunan PV system untuk bengkel kendaraan tersebut dapat dinilai sebagai investasi yang menguntungkan terlebih lagi dapat mengurangi biaya dan emisi atau limbah yang dihasilkan dari penggunaan listrik yang berasal dari batu bara. Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, beberapa poin penting yang akan dibahas adalah :

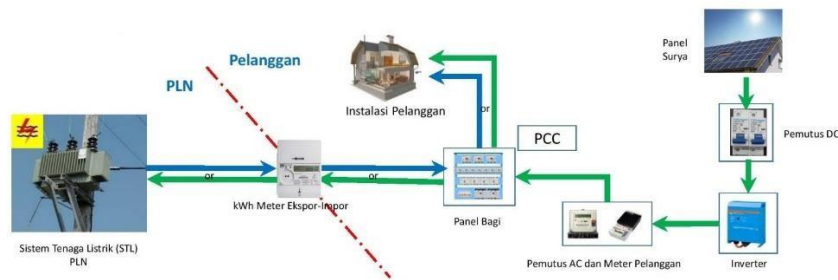
1. Berapa kapasitas listrik yang dihasilkan oleh PV system?
2. Komponen apa saja yang akan digunakan dalam perancangan tersebut?
3. Bagaimana rancangan tersebut akan dibangun?

Makalah ini disusun atas dasar penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dalam sebuah jurnal yang membahas sebuah studi mengenai perancangan PLTS dilokasi Ecopark Ancol pada tahun 2020 kemarin. Penelitian sebelumnya dilakukan

dalam skala yang jauh lebih besar dari apa yang akan dibahas berikutnya dalam perancangan pada bengkel kendaraan. Penelitian tersebut namun, telah memberikan gambaran untuk perhitungan matematis yang akan digunakan pada rancangan yang akan dibahas pada bagian metodologi berikutnya.

## 2. METODOLOGI

Rancangan akan dilakukan secara kuantitatif melalui perhitungan secara matematis sebagai dasar dalam perancangan PV system *on-grid* untuk bengkel kendaraan di Batununggal, Bandung. Blok diagram dari sistem tersebut secara garis besar digambarkan seperti dibawah ini:

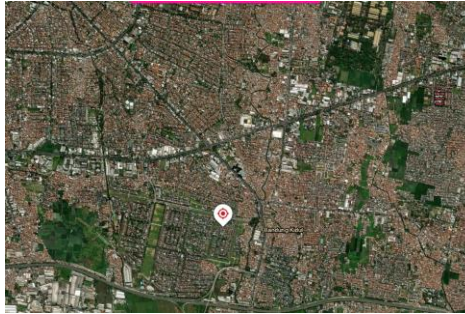


Selanjutnya akan dibahas mengenai rincian yang akan digunakan pada saat perancangan PV system.

### 1. Lokasi perancangan

Lokasi pemasangan untuk PV system ini berlokasi pada sebuah bengkel kendaraan yang berlokasi di daerah Batununggal, Bandung dengan koordinat - 06.956792°, 107.634998°. Bengkel ini akan mengkonsumsi energi sebesar 1600kWh per bulannya atau sekitar 53.3 kWh per harinya. Asumsikan 60% dari beban tersebut akan dibangkitkan menggunakan PV system sehingga besar beban yang dibutuhkan adalah :

$$W = 60\% \times 53.3kWh = 31.98kWh$$



## 2. Komponen yang akan digunakan

Pada perancangan ini akan digunakan modul surya LG NEON 2 ACE LG375M1C-A6 375W MONO SOLAR PANEL W/ LG MICRO, yakni sebuah panel surya *SSPolycrystalline* yang memberikan efisiensi output listrik yang baik per meter persegi. Berikut adalah *technical specification* dari panel tersebut.

General Information	
Manufacturer:	LG Solar
Product Line:	NeON2 2 ACe
Model ID:	LG375M1C-A6
Certifications and Safety Ratings:	
Mechanical Data	
Technology:	Monocrystalline (Mono)
Dimensions:	68.50 x 41.03 x 1.57 inches
Weight:	44.54 lbs
Cells:	6 x 10
Cell Type:	Monocrystalline / N-Type
Backsheet:	White
Frame:	Anodized Aluminum (Black)
Microinverter:	LM652UE-A2
Electrical Data	
Nominal Maximum Power (Pmax):	375 Watts
Module Efficiency:	20.7%
MPP Voltage (Vmpp):	35.3 Volts
MPP Current (Impp):	10.63 Amps
Open Circuit Voltage (Voc):	41.8 Volts
Short Circuit Current (Isc):	11.35
Module Efficiency:	20.7%

### LG SOLAR 375W MONO SOLAR PANEL - NEON 2 ACE - LG375M1C-A6

LG, NeON 2 ACe, 60 cell A6 Series B/W 375w AC Module, Includes LG Microinverter, 60 Cell Black Frame, White Backsheet, LG375M1C-A6

The NeON® ACe is a smart AC module that is easy to install and monitor, provides increased flexibility for array design and is an excellent solution for home installation. Designed with aesthetics in mind using thinner wires that appear all black at a distance. The performance warranty guarantees 90.6% of labeled power output at 25 years.

#### Features

- **High Efficiency & Leading Warranty** - The LG NeON R series has been designed for high-power output making it efficient even in limited space. LG Solar provides a 25 year limited warranty for performance, product and labor. At 25 years, the modules are guaranteed to produce at least 90.8% of their nameplate power.
- **Roof Aesthetics & Flexible Design** - Designed with aesthetics in mind, with no electrodes on the front, the modules have a sleek, modern appearance. The LG NeON R ACe provides flexibility in array design with simple accessories and cable connections.
- **Excellent Performance & Easy Monitoring** - The LG NeON R series performs well on hot days due to a low temperature coefficient. The AC modules connect quickly and easily to the Internet. Registering the modules onto the system is a simple process.



Untuk inverter akan digunakan FRONIUS PRIMO 10.0-1 10KW INVERTER dengan efisiensi 97%. Berikut adalah *technical specification* dari modul tersebut.

Mechanical Data	
Technology:	1-Ph Grid-Tie
Dimensions:	20.10 x 28.50 x 8.90 inches
Weight:	82.50 lbs
Protection Class:	NEMA 4X
Overvoltage Category (DC/AC):	< 1W
Night-Time Consumption:	Transformerless
Cooling:	Variable Speed Fan
Installation:	Indoor & Outdoor Installation
Ambient Temperature Range:	-25 - +60 °C
DC Connection Technology:	4x DC+1, 2x DC+2 and 6x DC- screw terminals for copper (solid / stranded / fine stranded) or aluminum (solid / stranded)
AC Connection Technology:	Screw Terminals 12 - 6 AWG

Electrical Data	
Recommended PV Power:	8.0 - 12.0kW
Maximum Useable Input Current:	33.00 / 18.00 Amps
Minimum DC Current:	51 Amps
Maximum Array Short Circuit Current:	41.30 / 22.5 Amps
Maximum Input Voltage:	80 V - 600 Volts
Number of MPP Trackers:	600 Volts
Nominal Input Voltage:	415 Volts
MPP Voltage Range:	200 V - 480 Volts



Selain komponen yang diuraikan diatas, terdapat komponen penunjang juga dalam PV system ini seperti kWh meter untuk keperluan ekspor – impor dan panel bagi sebagai sistem knedali daya yang terpasang.

### 3. Model Matematis

Dalam perancangan PV system, luas area mempengaruhi banyaknya panel surya yang akan dipasang dan jumlah beban yang akan dibangkitkan. Luas tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$PV_{Area} = \frac{W}{G_{Av} \times \eta_{pv} \times \eta_{out} \times TCF}$$

(1) Dimana :

$PV_{Area}$  = Luas area panel ( $m^2$ )

$W$  = Energi yang dibutuhkan ( $kWh$ )

$G_{Av}$  = Nilai iradiasi matahari ( $\frac{kWh}{m_2}$ )

$\eta_{pv}$  = Efisiensi modul surya

$\eta_{out}$  = Efisiensi modul inverter (output)



$$TCF = \text{Temperature Correction Factor} = 1 - (P_{MPP} \times \Delta T)$$

Dengan  $P_{MPP}$  = Koefisien temperatur modul panel

Untuk menghitung daya yang akan dibangkitkan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{WP} = PV_{Area} \times PSI \times \eta_{pv}$$

(2) Dimana :

$$P_{WP} = \text{Daya yang dibangkitkan (kW)}$$

$$PSI = \text{Peak Solar Insolation (} \frac{1kW}{m^2} \text{)}$$

Setelah menghitung beban yang akan dibangkitkan, jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan menggunakan hasil dari persamaan (1) dan (2) seperti berikut :

$$N \text{ panel surya} = \frac{P_{WP}}{P_{WP} \text{ Spesifikasi}} \quad (3)$$

Setelah jumlah panel surya ditentukan, maka Langkah selanjutnya adalah menentukan rangkaian seri – paralel dari panel surya yang akan disusun untuk menyesuaikan nilai tegangan listrik yang digunakan yakni 220V.

$$N \text{ minimal seri} = \frac{V_{min} \text{ Inverter}}{V_{oc} \text{ modul panel surya}} \quad (4)$$

$$N \text{ maksimal seri} = \frac{V_{max} \text{ Inverter}}{V_{mpp} \text{ modul panel surya}} \quad (5)$$

$$N \text{ maksimal paralel} = \frac{I_{max} \text{ Inverter}}{I_{mpp} \text{ modul panel surya}} \quad (6)$$

Asumsikan nilai loss akibat resistansi kabel dan faktor lain sebesar 10%, maka besar output yang akan dihasilkan dari PV system per bulannya yang dapat diekspor ke grid PLN adalah :

$$P_{out} = N \text{ panel surya} \times P_{WP \text{ Spesifikasi}} \times (1 - 0.1) \times \text{Radiasi Matahari} \dots \times 30 \text{ hari} \times NB$$

(7) Dengan nilai radiasi matahari dalam satuan waktu paparan radiasi matahari berdasarkan *Peak Sun Hour* hariannya dan NB adalah kompensasi *net-billing* yang ditetapkan oleh Kementerian ESDM. Jika biaya yang dikeluarkan bengkel untuk 1600kWh energi dalam satu bulan sebesar Rp 1.800.000, pengadaan PV system ini akan mengurangi biaya listrik bulanan tersebut menjadi :

$$\text{Biaya baru} = \frac{(1600kWh - P_{out})}{1600kWh} \times 1800000$$

(8) Sehingga penghematan yang didapatkan adalah :

$$\text{Penghematan} = \text{Biaya lama} - \text{Biaya baru}$$

### 3. PEMBAHASAN

Menentukan luas area yang diperlukan untuk membangkitkan 60% dari total beban keseluruhan menggunakan persamaan (1). Asumsi nilai iradiasi harian matahari rata rata sebesar 4.5kWh/m<sup>2</sup> dan deviasi temperature hingga sebesar 4°C maka,

$$TCF = 1 - (0.003 \times 1) = 0.997$$

$$PV_{Area} = \frac{31,98}{3,4 \times 0,2 \times 0,967 \times 0,997} = 48.82m^2$$

Menggunakan persamaan (2), besar daya yang dibangkitkan adalah,

$$P_{WP} = 49m^2 \times \frac{1000w}{m^2} \times 0.2 = 9800W = 9.8kW$$

Sehingga jumlah panel surya yang dibutuhkan berjumlah :

$$9.8KW \div 375W = 26,1 \text{ atau } 26 \text{ N panel surya panel}$$

Menyesuaikan susunan panel agar nilai tegangan dan arus sesuai dengan input inverter,

$$N_{\text{minimal seri}} = \frac{80v}{41.8v} = 1,9 \approx 2$$

$$N_{\text{maksimal seri}} = \frac{600v}{35.3v} = 16.9 \approx 17$$

$$N_{\text{maksimal paralel}} = \frac{18A}{10.63A} = 1.6 \approx 2$$

Dengan demikian, susunan panel yang akan memberikan output yang sesuai dengan inverter yang akan digunakan adalah konfigurasi 2 array paralel yang terdiri dari 13 panel dihubungkan secara seri.

$$V_{\text{rated}} = 13 \times V_{\text{max}} = 13 \times 35.3V = 458.9V$$

$$I_{\text{rated}} = 2 \times I_{\text{max}} = 2 \times 9A = 18A$$

$$P_{\text{rated}} = V_{\text{rated}} \times I_{\text{rated}} = 458.9V \times 18A = 8260W = 8.3kW$$

Berdasarkan spesifikasi output panel surya diatas, maka banyak inverter yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 buah dengan masing kapasitas inverter sebesar 3kW.

Untuk menghitung besar output dan biaya listrik baru yang dihasilkan oleh *PV system on-grid* tersebut dapat menggunakan persamaan (8) dan (9), Saat radiasi Saat radiasi matahari minimum (5,1H) dengan kompensasi net-billing 100% :

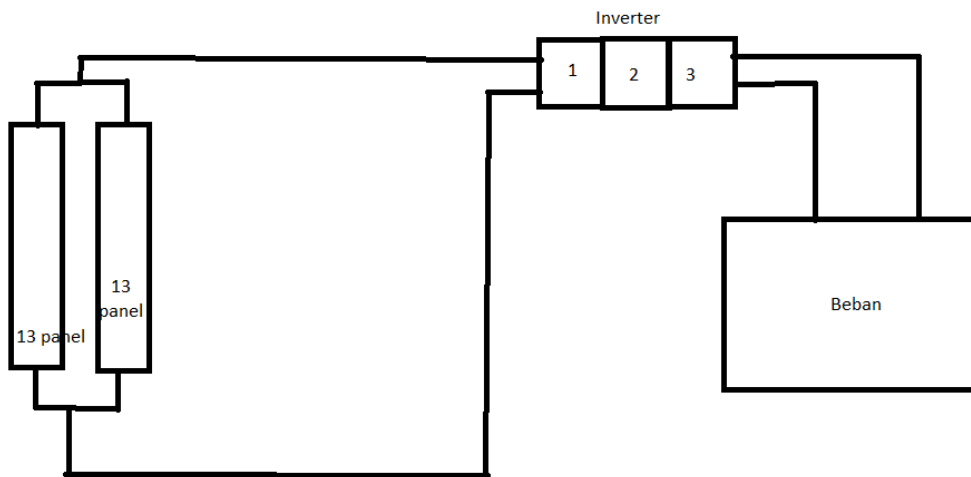
$$P_{\text{out}} = 26 \times 375wp \times (0.9) \times 5,1H \times 30 \text{ hari} \times 1 = 1342kWh/\text{bulan}$$

Biaya baru dengan radiasi matahari maksimum (5,1H) dengan kompensasi netbilling 100% :

$$Biaya \text{ baru} = = \frac{1600kWh - 1342Wh}{1600kWh} \times 1800000 = Rp \text{ 290.250}$$

Sehingga penghematan yang didapatkan adalah :

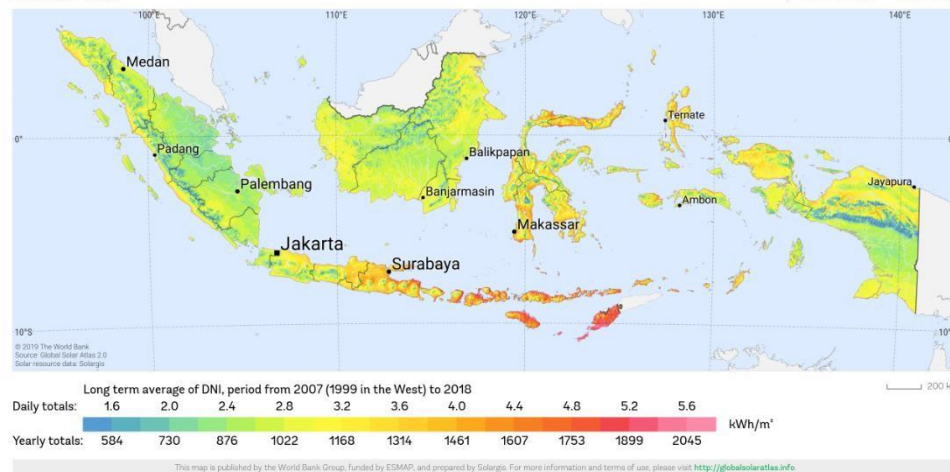
$$\begin{aligned} Penghematan &= Biaya \text{ lama} - Biaya \text{ baru} \\ &= 1.800.000 - 290.250 \\ &= 1.509.750 \end{aligned}$$



SOLAR RESOURCE MAP

**DIRECT NORMAL IRRADIATION**

**INDONESIA**



#### 4. PENUTUP

Penggunaan PV system *on-grid* dapat mengurangi biaya listrik yang dibebankan pada bengkel kendaraan tersebut. Hal ini dengan memanfaatkan kemampuan ekspor daya yang dilakukan untuk mendapatkan kompensasi *net-billing* dari PLN. Besar kompensasi tersebut atas dasar perubahan Permen ESDM No.49 Tahun 2018 dengan revisi terbarunya pada Permen ESDM No. 26 Tahun 2021 mengenai ketentuan besar ekspor listrik PLTS. Dalam perancangan PV system ini digunakan berbagai komponen utama seperti panel surya dan sebuah inverter. Komponen pendukung seperti kWh meter ekspor-impor dan panel bagi digunakan sebagai sistem kendali untuk daya listrik yang terpasang.

Link Vidio PPT :

[https://drive.google.com/file/d/1Mqg1qCDcOX7FfJaaEm\\_CTfQu9tw\\_rIjv/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Mqg1qCDcOX7FfJaaEm_CTfQu9tw_rIjv/view?usp=sharing)

## Daftar Pustaka

- Gifson, Albert, dkk (2020) “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid Di Ecopark Ancol”. Jurnal. STT PLN
- Sianipar, Rafael. (2014). “Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”, Jurnal. Universitas Trisakti.
- Yakin, Khusnul, dkk (2017). “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tipe Rooftop On Grid – System Pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Riau”, Jurnal. Universitas Riau.
- ....., “REC Twinpeak 2S-72 REC350TP2S-72 350W Poly Solar Panel”, [www.solarisshop.com](http://www.solarisshop.com) , Diakses pada tanggal 11 November 2021.
- ....., “Zeversolar Eversol TL3000 3kW Single Phase Inverter”, [www.renugen.co.uk](http://www.renugen.co.uk) , Diakses pada tanggal 11 November 2021.
- ....., “On-Grid Solar PV System”, [www.rantauenergi.com](http://www.rantauenergi.com) , Diakses pada tanggal 10 November 2021.
- Dataset DNI, temperatur diambil dari <https://globalsolaratlas.info/>