

## KOMPARASI BIAYA RUTIN ANTARA BIPV, GENSET DAN PLN DAYA SETARA 900VA

Nurhamdoko Bonifacius <sup>1\*</sup>, Fransiskus A Widiharsa <sup>2</sup>, Razqyan Mas Bimatyugra Jati <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Magister Arsitektur, Universitas Merdeka Malang

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Merdeka Malang

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Merdeka Malang

\* boni@unmer.ac.id

### ABSTRAK

*PV merujuk pada pembangkitan energi listrik yang tidak berpolusi namun percepatan penggunaannya tidak secepat yang diharapkan. Paper ini adalah hasil simulasi yang bertujuan untuk membandingkan sejumlah faktor, keuntungan dan kerugian dari 3 macam sumber energi listrik untuk gedung (rumah tinggal sebagai contoh) pada dua lokasi yang berbeda (lokasi tersedia grid PLN dan lokasi tidak tersedia). Pembangkit listrik surya (PV) yang pengadaannya masih relatif mahal, perlu diberi solusi dengan pinjaman perbankan dengan skema ritel atau KPR. Angsuran setiap bulannya dianggap sebagai pengeluaran biaya operasional. Simulasi menghasilkan angka-angka yang menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan per bulan (angsuran) untuk pembangkit listrik surya (PV) masih lebih mahal (Rp1.274.679,-) dari tagihan bulanan listrik PLN (Rp. 904.368,-), namun masih jauh lebih murah daripada menggunakan genset (Rp. 16.524.000,-). Penggunaan genset juga menimbulkan polusi udara dan suara. Pembayaran angsuran berhenti setelah 15 tahun dan untuk selanjutnya secara teoritik tidak ada pengeluaran. Disamping itu pembangkit listrik surya tidak berpolusi sehingga lebih ramah lingkungan..*

**Keywords:** BIPV; genset; pembangkit listrik surya; PLN; PV

### ABSTRACT

*PV refers to the generation of non-polluting electric energy but the acceleration of its use is not as fast as expected. This paper is the result of a simulation that aims to compare a number of factors, advantages and disadvantages of 3 types of electrical energy sources for buildings (residential houses for example) at two different locations (PLN grid available location and location not available). Solar power plants (PV) whose procurement is still relatively expensive, need to be given a solution with a bank loan with a retail scheme or mortgage. Installments are considered monthly expenses as operating expenses. The simulation produces figures that show that the costs incurred per month (installments) for solar power plants (PV) are still more expensive (Rp1,274,679) than the monthly electricity bill (Rp. 904,368, -), but still far more cheaper than using generators (Rp. 16,524,000). The use of generators also cause air and noise pollution. Installment payments stop after 15 years and henceforth theoretically no expenditure. Besides that, solar power plants do not pollute, making them more environmentally friendly.*

**Keywords:** BIPV; generator set; solar power generator; PLN; PV

---

## PENDAHULUAN

Photovoltaic (pv) merujuk pada pembangkitan energi listrik. Dalam konteks penggunaan energi listrik di Indonesia, dari Laporan Statistik PLN 2017 terlihat bahwa konsumsi energi listrik terbesar dilakukan oleh Kelompok Rumah Tangga, seperti terlihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Konsumsi Energi Listrik Tahun 2017

Nomor	Kelompok	Konsumsi per tahun (GWh)	Prosentase
1	Pelanggan Industri	72.238.370.000	32,37%
2	Rumah Tangga	94.457,38	42,33%
3	Bisnis	41.694,79	18,69%
4	Lainnya (sosial, pemerintah dan PJU)	14.743,18	6,61%

Sumber: Laporan Statistik PLN 2017 (diolah)

Hal ini berarti bahwa penghematan secara nasional bisa meluas bila dilakukan pada kelompok rumah tangga, atau dengan kata lain sistem pembangkitan energi listrik pada bangunan secara terpadu (BIPV) sangat tepat diterapkan pada rumah tinggal di Indonesia. Dari sumber Laporan Statistik PLN 2017 tersebut, diperoleh rata-rata energi yang dikonsumsi oleh kelompok rumah tinggal sebesar 1219,34 kWh per rumah tinggal per tahun atau 101,61 kWh per rumah tinggal per bulan. Kuantitas sebesar ini relatif mudah dipenuhi oleh pembangkit listrik tenaga surya (PV).

Arsitektur Surya memanfaatkan energi surya dengan cara memasukkannya secara langsung (cahaya dan kalor) ke dalam bangunan. Dalam konteks arsitektur surya, elemen-elemen lantai, dinding dan atap secara integratif berfungsi sebagai sistem surya aktif atau sistem surya pasif. Arsitektur surya pasif menggunakan atap dan dinding sebagai kolektor kalor, sedangkan arsitektur surya aktif menerapkan sistem surya termosifon yang terpadu dengan elemen-elemen arsitektur. Inovasi lanjutan arsitektur surya adalah teknologi sel photovoltaic (PV), yang menumbuhkan prototipa arsitektur baru yang khas, Building Integrated Photovoltaic atau BIPV (Wong, 2008). Integrasi dari PV ke dalam bangunan akan menumbuhkan efek pada bentuk dan layout secara signifikan (Jones, 1998). Sementara itu Pearce (2006) melihat bahwa BIPV adalah rancangan dan integrasi dari teknologi PV ke dalam selubung bangunan yang pada umumnya mereplace material elemen bangunan konvensional. BIPV sangat potensial dan akan menjadi arus utama penggunaan energi terbarukan pada bangunan di perkotaan (Tian, 2007). Namun demikian, prospek BIPV belum terlihat kuat karena salah satu daya tariknya yang paling kuat yaitu faktor biaya, belum terlihat.

## KAJIAN TEORI

### Aplikasi PV

Energi listrik yang dikumpulkan oleh sebuah modul pv tergantung dari spesifikasi yang ditentukan oleh pabrik pembuatnya. Ada setidaknya 10 faktor mendasar yang harus diketahui dari modul pv sebelum diputuskan

untuk digunakan. Faktor-faktor tersebut adalah faktor internal modul dan faktor eksternal.

Faktor internal modul di antaranya adalah: (1) Daya puncak (Wp: Watt peak), (2) Tegangan rangkaian terbuka (Voc: open circuit voltage), (3) Arus hubung singkat (Isc: short circuit current), (4) Tegangan pada daya puncak (Vmp), (5) Arus pada daya puncak (Imp), (6) Faktor kurva (perbandingan antara daya maksimum dan hasil perkalian Voc x Isc), (7) Efisiensi modul, (8) Temperatur kerja nominal cell (NOCT), (9) Tegangan patah minimum (minimum breakdown voltage), dan (10) Faktor packing cell (PF: total luas cell/total luas modul) (Bonifacius, 2012a).

Faktor-faktor di atas adalah karakteristik modul yang ditentukan oleh produsennya. Angka-angka yang didapatkan tersebut adalah hasil pengukuran pada STC (standart test condition) tertentu, di mana parameter STC tersebut dicantumkan oleh produsennya dalam manual atau pada backlayer modul pv tersebut (Bonifacius, 2012b).

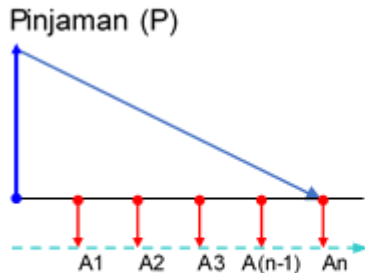
Untuk mengetahui besarnya energi yang bisa dihasilkan selama satu hari penyinaran, disamping dipengaruhi oleh karakteristik di atas, juga dipengaruhi oleh faktor eksternal modul (faktor alam). Faktor-faktor tersebut adalah: (1) Rata-rata Insolasi harian atau tahunan, (2) Efisiensi modul teoritis, (3) Faktor koreksi efisiensi temperatur, (4) Faktor packing modul, (5) Faktor pengotoran permukaan, (6) Luas modul pv total, dan (7) Faktor perawatan.

Untuk pembangkit listrik tenaga surya (PV), perangkatnya terdiri dari panel PV, kabel instalasi, inverter dan baterai. Dari semua perangkat tersebut, panel surya adalah yang harganya untuk saat ini masih relatif mahal. Pengadaan panel dengan skema pinjaman diduga bisa membuat harga penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PV) menjadi terjangkau.

### **Bunga Majemuk**

Biaya awal pengadaan pembangkit listrik tenaga surya relatif mahal. Harga pasaran modul PV saat ini (2019) sekitar 1 USD/Watt. Misalnya pengadaan untuk pembangkitan daya 2000 Watt diperlukan 2000 USD atau sekitar Rp. 27.000.000,- belum termasuk baterai, kabel, inverter, instalasi, asesoris dan material bantu serta pajak. Oleh karena itu solusi yang umum dipakai adalah dengan pinjaman dengan skema tertentu.

Seperti halnya kredit perbankan, dalam skema pinjaman dikenal adanya pinjaman dengan penerapan bunga majemuk. Bunga majemuk adalah semacam bunga uang yang ditentukan berdasarkan pada modal awal dan akumulasi bunga sekian periode sebelumnya. Penerapan bunga majemuk paling banyak digunakan sebagai acuan karena dianggap lebih fair. Prinsip pinjaman dengan bunga majemuk diperlihatkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Bagan Skema Pinjaman (Pamuntjar, 2011)

Formula untuk pinjaman sebesar  $P$ , dengan bunga sebesar  $i$  dan masa angsuran  $n$ , maka besarnya angsuran  $A$  diperlihatkan oleh Persamaan 1 berikut ini:

$$A = \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \times P$$

Persamaan 1 Formula Bunga Majemuk

Dalam konteks biaya pengadaan pembangkit listrik energi surya (PV) ini, besarnya pinjaman dihitung sebesar biaya awal yang meliputi harga panel PV, harga baterai, harga inverter, harga instalasi (kabel dan asesoris) termasuk pajak. Baterai yang digunakan adalah solar battery sehingga dianggap memiliki masa pakai yang panjang.

## METODE PENELITIAN

Riset dilakukan dengan 2 tahap penting yaitu:

Tahap 1. Melakukan simulasi dengan melakukan perhitungan:

- a. kapasitas pembangkitan

- b. kebutuhan penyimpanan energi
- c. kebutuhan biaya awal pengadaan pembangkit listrik surya (PV)
- d. kebutuhan biaya awal pengadaan pembangkit listrik genset gasoline
- e. kebutuhan biaya operasional genset per bulan.

Tahap 2. Melakukan simulasi skema finansial untuk menghitung:

- a. Membuat skema pengembalian pinjaman berdasarkan bunga majemuk untuk pembangkit listrik surya (PV)
- b. Menemukan biaya angsuran setiap bulan untuk masa pengembalian tertentu.
- c. Melakukan komparasi biaya operasional per bulan antara biaya bulanan langganan listrik PLN, biaya angsuran pengembalian pembangkit listrik surya (PV) dan biaya operasional genset per bulan.
- d. Mengidentifikasi faktor-faktor yang spesifik dari masing-masing sumber energi.
- e. Menyimpulkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi listrik PLN 900VA artinya secara teoritik tersedia energi listrik sebesar 900 Watt x 24 jam = 21.600 Watt jam atau 21,6 kWh (dengan anggapan  $\cos \pi = 1$ ). Ini juga berarti setiap saat selalu tersedia daya 900 Watt. Pada kenyataannya kebutuhan daya tidak sebesar itu, dan lama penggunaan tidak sepanjang hari. Konsumsi energi harian ditentukan oleh besarnya beban listrik dikalikan durasi bekerjanya. Namun demi kesetaraan perbandingan, pembangkitan listrik tenaga surya (PV) dan pembangkitan dengan genset akan ditentukan sebesar minimal 21,6 kWh.

## Listrik PLN

Langganan listrik 900VA dengan pemakaian maksimum seperti ini akan dikenakan tagihan bulanan sebesar = Rp. 904.368,- seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini..

Gambar 2 Simulasi Tagihan Listrik PLN

Perincian tagihannya diperlihatkan seperti pada gambar 3 berikut ini:

SIMULASI TAGIHAN LISTRIK			
Bulan Pemakaian Daya	Juli 2019 900	Tarif Peruntukan Kabupaten/ Kota	RUMAH TANGGA KOTA MALANG
Simulasi Dengan Pemakaian kWh			
Pemakaian Energi Sebulan :		648 kWh	Jam Nyala : 720 jam
a. Biaya Beban		= Rp.	0,00
b. LWBP	648 x Rp.	1.300,00 = Rp.	842.400,00
c. WBP	0 x Rp.	0,00 = Rp.	0,00
d. KVARH	0 x Rp.	0,00 = Rp.	0,00
e. Rupiah pemakaian listrik (a+b+c+d)		= Rp.	842.400,00
f. Rupiah pajak penerangan jalan (7% x e)		= Rp.	58.968,00
g. Rupiah PFN		= Rp.	0,00
h. Material		= Rp.	3.000,00
i. Estimasi total tagihan (5+6+7+8)		= Rp.	904.368,00

Gambar 3 Detail Tagihan

Untuk mendapatkan kapasitas pembangkitan energi listrik sebesar 21,6 kWh, dengan insolasi harian untuk kota Malang selama 5,1 jam, maka jumlah daya total panel surya yang dibutuhkan minimal sebesar= 21600 Wh / 5,1 jam= 4235 Watt.

Perhitungan biaya awal untuk pembangkitan daya sebesar itu adalah sebagai Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Biaya Awal Pengadaan Pembangkit Listrik Surya (PV)

Item	Jumlah Satuan	Harga Sat	Jumlah
Panel Surya	4235 Watt	Rp 13.500	Rp 57.172.500
Baterai	26 buah	Rp 1.095.000	Rp 28.470.000
Inverter	1 5 kWp	Rp 22.500.000	Rp 22.500.000
Jasa	1 lsp	Rp 10.814.250	Rp 10.814.250
			Rp 118.956.750

Biaya awal sebesar Rp 118.956.750,- diperhitungkan sebagai besarnya pinjaman. Biaya instalasi tidak

diperhitungkan karena bangunan dengan supply listrik PLN juga memerlukan biaya instalasi yang harganya bisa dianggap relatif sama. Pada bangunan dengan pembangkit listrik tenaga surya (PV) yang tidak terintegrasi, maka ada biaya tambahan untuk “panel support”. Dalam konteks BIPV, panel surya (PV) pada dasarnya akan menggantikan sebagian atau seluruhnya elemen penutup atap. Ini merupakan keuntungan tersendiri. Di sisi lain, biaya konstruksi untuk menyesuaikan rancangan bisa dianggap sebagai bagian dari RAB bangunan. Oleh karena itu biaya untuk “panel support” tidak diperlukan sehingga dalam komparasi ini biaya tersebut tidak diperhitungkan. Dengan mengacu besarnya suku bunga ritel atau KPR sebesar 9,95 (Juli 2019) maka skema yang memungkinkan bisa dihitung seperti tabel 3 berikut:

*Tabel 3 Biaya Awal Pengadaan Pembangkit Listrik Surya (PV)*

Item	Jumlah Satuan	Harga Sat	Jumlah
Panel Surya	4235 Watt	Rp 13.500	Rp 57.172.500
Baterai	26 buah	Rp 1.095.000	Rp 28.470.000
Inverter	1 5 kWp	Rp 22.500.000	Rp 22.500.000
Jasa	1 lsp	Rp 10.814.250	Rp 10.814.250
			Rp 118.956.750

Biaya awal sebesar Rp 118.956.750,- diperhitungkan sebagai besarnya pinjaman. Biaya instalasi tidak diperhitungkan karena bangunan dengan supply listrik PLN juga memerlukan biaya instalasi yang harganya bisa dianggap relatif sama. Pada bangunan dengan pembangkit listrik tenaga surya (PV) yang tidak terintegrasi, maka ada biaya tambahan untuk “panel support”. Dalam konteks BIPV, panel surya (PV) pada dasarnya akan menggantikan sebagian atau seluruhnya

elemen penutup atap. Ini merupakan keuntungan tersendiri. Di sisi lain, biaya konstruksi untuk menyesuaikan rancangan bisa dianggap sebagai bagian dari RAB bangunan. Oleh karena itu biaya untuk “panel support” tidak diperlukan sehingga dalam komparasi ini biaya tersebut tidak diperhitungkan. Dengan mengacu besarnya suku bunga ritel atau KPR sebesar 9,95 (Juli 2019) maka skema yang memungkinkan bisa dihitung seperti tabel 3 berikut:

*Tabel 4 Perhitungan angsuran*

item	besar
bunga/th	9,95%
bunga/bln	0,83%
jumlah angsuran (15 th)	180
besar pinjaman	Rp 118.956.750
besar angsuran/bulan	Rp1.274.679

Sumber: hasil simulasi

Bila lokasi proyek di daerah perkotaan atau daerah yang sudah tersedia jaringan listrik PLN, maka perbandingannya adalah sebagai Tabel 4 berikut ini:

*Tabel 5 Perbandingan keekonomian untuk lokasi proyek yang sudah tersedia jaringan PLN*

Sumber Energi Listrik	Angsuran/bulan	Keterangan: angsuran dibayarkan setiap bulan
Supply PLN	Rp . 904.368	untuk selama-lamanya
Tenaga Surya (PV)	Rp 1.274.679	hanya selama 15 tahun, selebihnya gratis

Catatan:

Biaya administrasi pendaftaran langganan PLN dan Biaya administrasi akad kredit relatif kecil dan berubah-ubah, sehingga diabaikan.

Bila lokasi proyek di daerah terpencil atau daerah yang belum tersedia jaringan listrik PLN, maka kebutuhan listrik bisa dipenuhi dengan menggunakan genset. Perhitungan pembangkitan listrik dengan generator set dengan supply energi yang setara, ditunjukkan pada tabel 5 berikut ini.

*Tabel 6 Rekap perhitungan biaya genset gasoline 5000VA*

Genset	Krisbow Gasoline
Harga genset gasoline	Rp 10.800.250
konsumsi Peralite (liter/jam)	3,0
konsumsi Peralite 1 hari (liter)	72
harga Peralite saat ini	Rp 7.650
biaya premium/bulan	Rp 16.524.000

Dengan mengoperasikan selama 24 jam per hari, mengabaikan harga genset serta biaya perawatan berkala, maka biaya bulanan sebesar Rp. 16.524.000,-

## SIMPULAN

Pada komparasi tersebut, supply yang disediakan oleh PLN 900VA secara teoritis adalah sebesar 21,6 kWh dalam 24 jam. Agar setara dengan PLN, maka supply energi listrik dari pembangkit listrik surya (PV) dan listrik dari genset juga diperhitungkan sebesar 21,6 kWh. Ini berarti kapasitas pembangkitan pembangkit listrik surya tidak dihitung berdasarkan konsumsi energi harian. Ini juga berarti bahwa pengoperasian genset harus dilakukan selama 24 jam per hari dan 30 hari per bulan. Ini kurang realistis tetapi fair untuk diperbandingkan.

Pada lokasi yang sudah tersedia jaringan PLN (electrical grid), maka penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PV) disimpulkan belum kompetitif. Pada lokasi yang belum/tidak tersedia jaringan PLN karena

terpencil atau jauh, maka penerapan pembangkit listrik tenaga surya menjadi pilihan pertama. Biaya pengadaan tiang listrik, trafo dan kabel penyulang sering terlalu besar (tidak memenuhi kelayakan ekonomi), atau secara teknik tidak layak atau memang karena tidak/belum tersedia.

Penggunaan generator set gasoline yang cocok untuk rumah tinggal, minimal berdaya 5000 VA, dengan cos  $\phi$  0,8 maka daya efektif 4000VA, dari perhitungan lebih tinggi biayanya operasional per bulannya. Genset juga ber-efek menghasilkan polusi udara dan suara. Pada kasus di pulau terpencil, supply BBM akan tergantung pada transportasi laut dan cuaca (angin dan atau ombak).

Penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PV) tidak berpolusi dan lebih prestisius.

## REFERENSI

- , 2017, Statistik PLN 2017, Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero), ISSN 0852-8179
- Bonifacius, N, et al, 2012a,, Optimalisasi Kondisi Termal Dan Pembangkitan Energi Pada Atap Photovoltaic Terintegrasi di Daerah Tropis Lembab, 2012/8/28, OPTIMALISASI KONDISI TERMAL DAN PEMBANGKITAN ENERGI PADA ATAP PHOTOVOLTAIC TERINTEGRASI DI DAERAH TROPIS LEMBAB, ITS Digital Repository
- Bonifacius, N, et al, 2012b, EFFECT OF ALUMINUM FOIL AS ROOF INSULATION ON THERMAL AND ENERGY PERFORMANCE OF RIPV BUILDING UNDER WARM-HUMID CONDITIONS OF

INDONESIA. International Journal of Academic Research 4 (2) | vol: | issue : | 2012

- Jones, 1998, D. Lloyd et al, The Solar Office: A Solar Powered Building With A Comprehensive Energy Strategy, Presented at the 2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Austria, July 1998
- Pamuntjar, H, 2011, Teori dan Latihan Ekonomi Teknik, Fakultas Teknologi Informasi
- Pearce, J.M., 2006, Engineering Photovoltaic Systems II, Application Flexibility of Solar Electricity
- Tian, W., et al, 2007, Effect Of Building Integrated Photovoltaic On Microclimate Of Urban Canopy Layer, The Journal of Building and Environment 42 (2007) 1891–1901
- Wong, P.C., 2008, A New Type Of Double-Skin Façade Configuration For The Hot And Humid Climate, The Journal of ENB-2453
- <https://www.pln.co.id/pelanggan/layanan-online/simulasi-tagihan/simulasi-rekening-pascabayar> (diakses 15 Juli 2019 jam 20:20 WIB)