

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRYD (PLN-PLTS-GENSET) PADA TOSERBA YOGYA PEKALONGAN

Ahmad Khudori¹

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Univeritas PGRI Semarang
 Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto, 50232, Semarang
 Email: *ahmadkuh3@gmail.com*

Abstrak— Energi terbarukan secara umum diketahui memiliki levelized cost of energi (CoE) yang lebih tinggi dibandingkan energi konvensional. HOMER atau model optimasi hibrida energi terbarukan dirancang untuk mengoptimalkan sistem pembangkit listrik yang terdiri dari PV surya, mikrohidro, baterai, dan kombinasi beban listrik dan termal lainnya. CoE adalah biaya pembangkitan listrik per kWh dan umumnya digunakan untuk menilai apakah pemasangan suatu sistem pembangkit listrik akan membawa manfaat atau sebaliknya. YOGYA Department Store Pekalongan telah memasang dua sistem pembangkit listrik: PLN dan genset. Kedua pembangkit listrik ini membutuhkan produksi energi terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga surya. Net present cost (NPC) adalah total biaya pembangunan suatu komponen, baik untuk pemasangan maupun pengoperasian proyek. Break Event Point (BEP) membandingkan total harga komponen dalam proyek dengan harga jual di PLN dikalikan dengan jumlah produksi energi yang dihasilkan dalam setahun.

kata kunci :hibryd, HOMER, Cost of Energy(CoE), NetPresent Cost(NPC), Break event Point(BEP).

I. PENDAHULUAN

Dengan sumber daya energi yang melimpah dan pengelolaan energi yang mandiri dan berkelanjutan, negara pasti tidak akan kehabisan energi dan juga mampu mengeksplor energi, termasuk energi listrik. Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, baik dalam kegiatan industri, komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari. Meningkatnya konsumsi energi dan permasalahan lingkungan saat ini memerlukan sistem energi baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Ada tiga jenis PLTS tergantung sistemnya. Tipe pertama adalah PLTS panas matahari. Generator ini menggunakan energi panas matahari untuk menggerakkan mesin panas, suatu sistem yang mengubah energi panas menjadi energi kinetik. Tipe PLTS yang kedua adalah On Grid. Tipe ini tidak menggunakan listrik yang dihasilkan oleh panel surya (akumulator). Tipe ini berfungsi jika Anda memiliki jaringan listrik seperti PLN. Tipe terakhir adalah PLTS off-grid (terpusat). Ini bisa disebut sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi listrik, atau sistem independen.

Mengingat Toserba Jogja Pekalongan menggunakan sumber listrik yang telah dikonversi seperti genset hanya sebagai sumber listrik cadangan, maka meskipun sumber listrik utama rusak atau korsleting, genset baru akan tetap berfungsi.

II. STUDI PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Fotovoltaik Pembangkit listrik tenaga fotovoltaik (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik. PLTS juga sering disebut dengan sel surya , fotovoltaik, atau energi surya . PLTS memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik.DC (arus searah).Dapat diubah menjadi daya AC (arus bolak-balik) jika diperlukan. Oleh karena itu , meski mendung dan ada cahaya , PLTS tetap bisa menghasilkan listrik.

Pembangkit listrik tenaga surya pada dasarnya merupakan sumber tenaga listrik (alat penyalur tenaga listrik), baik yang bersifat mandiri maupun hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain seperti PLTS Generator , PLTS Angin), dalam skala kecil hingga besar dan dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan daya anda.

Konsep pembangkit listrik tenaga surya sederhana saja ini mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sinar matahari merupakan salah satu jenis energi yang berasal dari sumber daya alam. Sumber daya alam surya ini banyak digunakan untuk memberi daya pada satelit komunikasi melalui panel surya. Sel surya ini tidak menggunakan bagian yang berputar , tidak memerlukan bahan bakar, dan dapat menghasilkan energi listrik tanpa batas langsung dari sinar matahari. Oleh karena itu sistem baterai tenaga surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan ini dengan generator. Ada bagian yang berputar dan membutuhkan bahan bakar untuk menghasilkan listrik. Kebisingannya keras , dan gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca yang merusak ekosistem bumi.

A. Panel surya

Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik dan disebut solar on the sun atau "sol" karena matahari adalah sumber cahaya paling kuat yang tersedia. Modul fotovoltaik sering disebut fotovoltaik, dan fotovoltaik dapat diartikan sebagai "fluks cahaya". Sel surya, atau sel PV, menggunakan efek fotovoltaik untuk menyerap energi matahari dengan melewatkan arus listrik antara dua lapisan bermuatan berlawanan.



Gambar 1 Panel surya

B. Baterai

Baterai merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai adalah perangkat yang terdiri dari dua atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Setiap sel mempunyai elektroda positif (katoda) dan elektroda negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menunjukkan energi potensialnya lebih tinggi dibandingkan kutub yang bertanda negatif. Kutub yang ditandai dengan negatif adalah sumber elektron, dan ketika dihubungkan ke sirkuit eksternal, elektron mengalir melaluinya dan dapat memberi daya pada perangkat eksternal. Ketika baterai dihubungkan ke sirkuit eksternal, elektrolit di dalam baterai dapat bermigrasi dalam bentuk ion dan menyebabkan reaksi kimia di kutub. Pergerakan ion-ion di dalam baterai menyebabkan arus mengalir keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Meskipun baterai secara teknis adalah perangkat dengan banyak sel, satu sel juga biasa disebut sebagai baterai.



Gambar 2 Baterai untuk PLTS

C. Inverter

Inverter adalah suatu alat yang mengubah arus searah (direct current) dari baterai atau panel surya menjadi arus bolak-balik (alternating current). Penggunaan inverter pada pembangkit listrik (PLTS) digunakan pada peralatan yang menggunakan arus bolak-balik (alternating current), seperti komputer,

peralatan komunikasi, dan elektronika penerangan seperti televisi. Inverter bisa digunakan dimana saja, tidak hanya rumah Energi alternatif (listrik) diperlukan pengganti Listrik PLN.



Gambar 3 Inverter

D. Net Present Cost (NPC)

Net present cost (NPC) adalah total biaya pembangunan suatu komponen, baik untuk pemasangan maupun pengoperasian proyek. *E. Cost of Energy (COE)*

Biaya energi adalah biaya produksi 1kWh energi listrik. COE dapat ditentukan dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan sistem hibrida

F. Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) merupakan perbandingan harga total komponen proyek dengan harga jual di PLN dikalikan dengan jumlah produksi energi yang dihasilkan dalam setahun. BEP disebut juga laba atas investasi dan dapat dinyatakan dalam tahun, bulan, minggu, atau hari, tergantung perhitungannya.

G. HOMER (Hybrid Optimization Model for Energy Renewable)

HOMER, atau model optimasi hibrida energi terbarukan dirancang untuk mengoptimalkan sistem pembangkit listrik yang terdiri dari PV surya, mikrohidro, baterai, dan kombinasi beban listrik dan termal lainnya.

HOMER juga menjalankan simulasi untuk menganalisis potensi energi surya dan biaya penerapan perluasan dan optimalisasi energi terbarukan. Proses simulasi HOMER membantu Anda memahami kinerja dan karakteristik sistem pembangkit listrik anda. Proses optimasi membantu dalam mengkonfigurasi pembangkit listrik yang layak dan bernilai ekonomis.

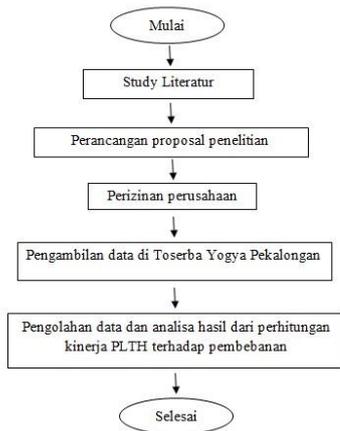


Gambar 4 Tampilan menu software HOMER PRO

III. METODE/DESAIN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pembangkit listrik hybrid (PLN – PLTS-GENSET) untuk mengetahui efisiensi energi yang digunakan di department store YOGYA Pekalongan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif, yaitu metode penelitian yang menggunakan data kualitatif berupa data, teks, skema, gambar, dan lain-lain.

Ada beberapa tahapan dalam pembuatan desain penelitian ini yaitu:



Gambar 5 Desain Penelitian

A. Tahapan Proses Penelitian

Proses penelitian mengharuskan Anda melakukan tahap desain. Desain yang digunakan dalam penelitian ini menetapkan variabel atau besaran yang digunakan untuk menghitung efisiensi suatu PLTH (pembangkit listrik hybrid) dan ditetapkan berdasarkan teori dan data lapangan. Investigasi ini memerlukan langkah-langkah berikut :

I. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan tinjauan literatur dengan cara mencari jurnal terkait penelitian , menyiapkan proposal penelitian , dan mengumpulkan dataset untuk penelitian .

II. Tahap Implementasi

Tahap implementasi penelitian ini diawali dengan tahap preprocessing hingga ditentukan nilai akurasi untuk seluruh data yang dikumpulkan .

III. Tahap Akhir

Tahap terakhir adalah fase dimana laporan penelitian disiapkan atau ditulis. Tahap penyusunan laporan dilakukan setelah kajian selesai dilakukan dan data - data yang diperlukan untuk menganalisis kinerja PLTH di Toserba Yogyakarta Pekalongan telah dikumpulkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yogya Pekalongan Department Store merupakan pusat perbelanjaan yang terletak di Kota Pekalongan. Gedung yang dibangun pada tahun 2020 ini dialiri listrik PLN tegangan tinggi 20 kV hingga 555 kVA, diturunkan menjadi 400 V dengan satu trafo step down 1.250 kVA. Apabila terjadi kegagalan sistem PLN , pasokan listrik darurat diambil alih oleh unit pembangkit berkapasitas 670 kVA.

A. Perhitungan Biaya Ekonomis Listrik

Toserba YOGYA Pekalongan terpasang daya sebedar 555 kVA, maka dari itu termasuk golongan B-3/TM. Biaya beban periode Januari –September 2023.

Tabel 1 Biaya Listrik per kWh

Golongan	WBP (Rp/kwh)	LWBP(Rp/kWh)	kVARh(Rp/kWh)
B-3/TM	1035,78	1035,78	1114,74

Jadi untuk biaya listrik Golongan B3 yaitu dalam Waktu beban penuh (WBP) adalah Rp 1035,78/kWh, biaya Luar waktu beban penuh (LWBP) adalah Rp 1035,78/kWh, dan biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVARh) adalah Rp 1114,74/kWh

Tabel 2 pemakaian listrik periode januari-september

Bulan	WBP	LWBP	kWh T0tal
Januari	25.736	98.984	124.720
Februari	24.960	97.128	122.088
Maret	23.152	88.736	111.888
April	30.112	106.632	136.744
Mei	33.048	109.208	142.256
Juni	29.976	115.944	145.920
Juli	26.680	104.448	131.128
Agustus	26.112	97.944	124.056
September	27.088	95.192	122.280

Current transformer yang terpasang pada daya 555 kVA adalah 800/5A Total biaya WBP + LWBP

Biaya pemakaian Waktu Beban Puncak (WBP)

$$K \times kWh \times Rp. 1.035,78$$

$$1,4 \times 33.048 \times Rp 1.035,78 = Rp 47.922.640,416$$

Biaya pemakaian Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) kWh x Rp 1.035,78

$$109.208 \times Rp 1.035,78 = Rp 113.115.462,24$$

Total biaya pemakaian listrik :
 $Rp 47.922.640,416 + Rp 113.115.462,24 = Rp 161.038.102,65$

B. Biaya perhitungan PLTS

1. Panel surya

Mengingat penggunaan beban di department store Jogya Pekalongan , dibutuhkan 1.250 panel surya. Di bawah ini adalah diagram panel. Sedangkan panel surya jenis Longi Solar dengan output 400 Wp dibanderol Rp 4.500.000,00. Jadi biaya modal, biaya penggantian dan biaya operasional adalah Rp 3.610.750.000,00, Rp 3.610.750.000,00 dan Rp 25.000.000,00.



Gambar 6 parameter panel surya

2. Baterai

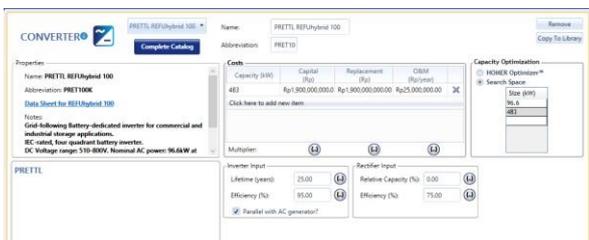
Jenis baterai yang digunakan adalah lead acid 10kWh sebanyak 50 buah. Biaya yang dibutuhkan adalah Rp 2.000.000.000 dan biaya operasional Rp 25.000.000.00.



Gambar 7 parameter baterai

3. Inverter

Inverter yang digunakan adalah tipe PRETTL REFUhybrid 100 , dengan output 97 kW , harga Rp 35 jutaan , dan biaya operasional kurang lebih Rp 6.000.000.00. Karena dibutuhkan daya sebesar 500 kW, kapasitas, biaya komponen, dan biaya pengoperasian menjadi lima kali lebih tinggi.



Gambar 8 parameter inverter

B. Potensi energi surya YOGYA Department Store Pekalongan .

Secara geografis, Indonesia mempunyai banyak sinar matahari setiap tahunnya. Oleh karena itu penggunaan energi alternatif sangatlah penting. Rata-rata dosis radiasi harian di Indonesia adalah 5,43 kWh/m2/hari. YOGYA Department Store Pekalongan mempunyai potensi besar dalam memanfaatkan energi surya. Menurut Meteorologi Permukaan dan Energi Matahari NASA, database radiasi Toserba Joga Pekalongan adalah



Gambar 9 potensi radiasisinar matahari

C. Hasil Simulasi menggunakan software HOMER

Hasil simulasi yang dilakukan dengan software HOMER secara otomatis mengarah pada perhitungan oleh HOMER. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai optimal pada komponen yang Anda desain.

Hasil dari skenario 3 terdiri dari jaringan atau grid PLN yang dilengkapi dengan komponen panel surya, baterai, inverter, dan genset, seperti terlihat pada diagram berikut .

Gambar 10 Optimasi hasil simulasi

D. Analisa nilai ekonomis pembangkit

Nilai parameter yang didapatkan dari tabel dibawah ini adalah pembangkit listrik PLN, Generator Set dan PLTS.

Tabel 3 parameter skenario

Parameter	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	12.437.611
NPC (Rp)	165.143.700.000
COE (Rp/yr)	1.030,41
Renewable Penetration (%)	47,0

Nilai produksi energi adalah pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik selama setahun yang ada di Toserba Yogya Pekalongan sebesar 12.437.611 kWh/yr.

Tabel 4 Total Produksi

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	800,421	6.44
CAT-635kVA-50Hz-PP	0	0
Grid Purchases	11,637,190	93.6
Total	12,437,611	100

$$\text{Total Produksi} = 800.421 + 11.637.190 = 12.437.611$$

Net present cost (NPC) merupakan semua biaya keseluruhan yang digunakan pada skenario dapat dilihat pada tabel diatas dengan nilai Rp 165.143.700.000,00. Nilai tersebut didapat dari hasil Software HOMER itu sendiri.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
CAT-635kVA-50Hz-PP	Rp1.500.000.000,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp390.353.355,77	Rp1,14
Generic flat plate PV	Rp5.625.000.000,00	Rp0,00	Rp223.187.913,71	Rp0,00	Rp0,00	Rp5,94
Grid	Rp0,00	Rp0,00	Rp155.822.713.354,74	Rp0,00	Rp0,00	Rp155,82
PRETTL REFUhybrid 100	Rp1.900.000.000,00	Rp0,00	Rp223.187.913,71	Rp0,00	Rp0,00	Rp2,22
System	Rp9.025.000.000,00	Rp0,00	Rp156.469.089.182,16	Rp0,00	-Rp390.353.355,77	Rp165,14

Gambar 11 Nilai NPC pada skenario

Cost of energy (COE) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh, pada skenario ini adalah Rp 1.030,41.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)
CAT-635kVA-50Hz-PP	Rp116.031.566,81	Rp0,00	
Generic flat plate PV	Rp435.118.375,52	Rp0,00	Rp25,000
Grid	Rp0,00	Rp0,00	Rp12.053,569
PRETTL REFUhybrid 100	Rp146.973.317,95	Rp0,00	Rp25,000
System	Rp698.123.260,28	Rp0,00	Rp12.103,569

Gambar 12 Nilai Annualixed Cost

Tabel 5 Nilai Konsumsi Listrik

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	12,397,590	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Total	12,397,590	100

$$COE = \frac{12.774.590.943,99}{12.397.590} = Rp1.030,41/kWh$$

E. Analisa Break event Point (BEP)

Analisis Ekonomi Total biaya yang dikeluarkan pengguna dalam penerapan sistem PLTS dengan parameter nominal diskon 8,00%, tingkat inflasi yang diharapkan sebesar 2.00%, dan siklus proyek 25 tahun .

Tabel 6 Analisa BEP

Desain Skenario	COE	AC Primary Load	Pendapatan per tahun
Skenario 3	1.030,41/kWh	12.397.590 kWh/yr	Rp 12.774.600.711,9

$$BEP\ unit = Fixed\ Cost/COE-Variable\ Cost = 9.025.000.000/(1.030,41-974,09) = 160.245.028,40$$

Jadi fixed cost adalah total biaya modal awal dan variable cost nya adalah biaya operasional dibagi dengan konsumsi daya yang digunakan.

$$Pendapatan\ BEP = BEP\ unit \times COE = 160.245.028,40 \times 1030,41$$

$$= Rp 165.118.079.342,69$$

Target balik modal nilai BEP dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Target\ Balik\ Modal = \frac{156.469.089.182,16}{12.774.600.711,9} = 12,2$$

Dari persamaan diatas total biaya operasional dibagi dengan pendapatan pertahun maka target balik modal tercapai pada tahun ke 12 tahun.

V. KESIMPULAN

Pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) ini dapat memenuhi kebutuhan listrik Toserba Jogja Pekalongan. Sebab produksi energi listrik yang dihasilkan PLTH sebesar 12.437.611 kWh/ tahun. Sedangkan kebutuhan listrik Jogja Pekalongan Department Store sebesar 12.397.590kWh per tahun. Berdasarkan data tersebut, selain sebagai sumber energi listrik bagi PLN, lampu tenaga surya dan genset juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik bagi PLN .

Dari segi ekonomi , nilai NPC , COE , dan BEP pada hasil Skenario. Dalam hal ini, penggunaan PLTH di department store Yogya Pekalongan lebih hemat dibandingkan jaringan listrik PLN .

REFERENSI

- Christy M. A. Pasowan, Meita Rumbayan, L. S. P. (2000). *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan HOMER Di Desa Lalumpe.*
- Hidayanti, D., Teknik, J., Politeknik, M., Semarang, N., Prof, J., & Sudarto, H. (2019). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT HYBRID TENAGA ANGIN DAN SURYA DENGAN PENGGERAK OTOMATIS PADA PANEL SURYA. In *Wiwik Purwati W* (Vol. 15, Issue 3).
- Kristanto, D., Suyono, H. S. M. P. ., & Ph.D, I. W. M. (2014). Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Paralel. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(6), 1–6.
- Mahendra, A. D., & Amiruddin, M. (n.d.). ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK ANTARA PLN DAN GENSET DI POLLUX MALL PARAGON SEMARANG. In *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI)* (Vol. 5, Issue 1).
- Pramana, I. M. Y. (2023). *PERENCANAAN PLTS ROOFTOP SISTEM HYBRID PADA RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK RESIDENCE – DENPASAR MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER & SUNNY DESIGN Oleh.*
- Priambudy, F. A. (2023). *Analisis Teknis Dan Ekonomis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Rooftop Rumah Tinggal Di Hayam Wuruk Residence – Denpasar Menggunakan Homer Pro Program Studi D4 Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Analisis Teknis Dan Ekonomis Perencana.*
- RAMADHAN, S. (2021). *PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI KERETA LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN HOMER PRO SOFTWARE.*
- Rasyidin, A. A. (2020). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Pln Di Skripsi.*

