

# PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID DENGAN KAPASITAS 3 KVA

Siti Saodah<sup>1,a</sup>, Nasrun Hariyanto<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung  
Jalan Gegerkalong Hilir Desa Ciwaruga Kab. Bandung 4000

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung  
Jl. PHH Musthopa 23 Bandung

<sup>a)</sup> email : siti.saodah@polban.ac.id

## ABSTRAK

Saat ini penggunaan bahan bakar fosil masih menjadi pilihan utama untuk menghasilkan energi. Sumber energi yang berasal fosil merupakan sumber energi yang terbatas, semakin hari jumlahnya semakin menipis. Dibutuhkan waktu berjuta tahun untuk menghasilkan sumber energi yang berasal dari fosil. Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif sebagai pengganti sumber energi fosil. Salah satu contoh sumber energi alternatif adalah energi matahari. Pembangkit Listrik *Hybrid* (PLH) adalah pembangkit listrik yang menggunakan dua atau lebih sumber energi sebagai sumber penghasil energi listrik, yang bertujuan untuk menjaga keberlangsungan *supply* energi secara terus menerus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembangkit listrik *hybrid* yang terdiri dari dua sumber energi yaitu, sumber energi matahari sebagai sumber utama dan penggunaan *genset* bbm sebagai sumber energi cadangan. Pemilihan dan penentuan spesifikasi komponen dengan kapasitas 3 kVA dilakukan dengan perhitungan berdasarkan referensi dan simulasi *Hommer Power Energy*. Pembangkit Listrik *hybrid* kapasitas 3kVA yang dapat memasok kebutuhan listrik selama 20 jam dalam satu membutuhkan 16 unit modul surya berkapasitas 250 Wp dan 16 unit baterai berkapasitas 100 Ah 12 V serta kebutuhan bbm untuk generator sebanyak 3,42 liter selama 4 jam dalam satu hari. Hasil analisa ekonomi didapat nilai *NPV* sebesar Rp31.384.987,49 nilai *IRR* 14,91% , dan *Break Event Point* terjadi pada tahun ke-4 bulan ke-3, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan Pembangkit Listrik *Hybrid* ini memenuhi syarat kelayakan investasi dan layak direkomendasikan secara ekonomis (*feasible*). Harga listrik per-kWh adalah Rp1.289,13.

**Kata kunci:** Pembangkit Listrik Hybrid, Hommer, Generator, Analisis Ekonomi, Feasible

## PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan bakar yang berasal dari energi fosil semakin lama semakin berkurang dan harganya pun semakin mahal. Maka dari itu, perlu dicari sumber energi alternatif sebagai solusinya. Tersedianya energi surya yang melimpah di bumi Indonesia perlu dimanfaatkan. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan memakai *photovoltaic*. (Wachjoe, 1999)

Teknologi yang lebih mudah digunakan adalah *photovoltaic*. *Photovoltaic* atau yang lebih dikenal dengan sel surya (*solar cell*) merupakan teknologi yang ramah lingkungan, tidak menghasilkan *noise* (kebisingan) dan efisiensi yang tinggi. *Photovoltaic* ini merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. (Rosa, 2012)

Penggunaan sel surya sebagai salah satu pembangkit tenaga listrik dewasa ini semakin banyak digunakan. Tidak hanya pada industri besar saja tetapi sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas. Selain itu penggunaan lebih dari satu sumber energi listrik pun semakin banyak, sistem ini disebut Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid*. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem yang satu dapat menutupi kekurangan dari sistem lainnya, selain itu memudahkan untuk melakukan perawatan sistem karena pasokan energi listrik dapat tetap terjaga tanpa harus memutus aliran daya. Salah satu penggunaan sistem *Hybrid* adalah

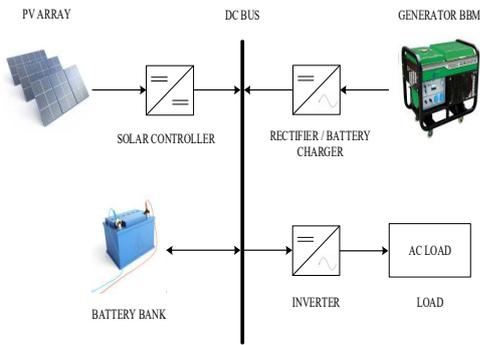
penggunaan PLTS dengan Generator Set. Penggunaan sistem *Hybrid* ini memungkinkan PLTS dapat menutupi kekurangan dari Generator Set dan begitupun sebaliknya. Dengan memanfaatkan teknologi ini, ketergantungan masyarakat listrik dari PLN dapat dikurangi bahkan dapat dihilangkan sehingga masyarakat dapat menjadi masyarakat yang mandiri energi. (Hariyanto, 2015)

Pengertian hibrida adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hibrida pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem hibrida atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan listrik dari sumber PLN sehingga dapat menghemat anggaran. PLTH ini memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan Generator BBM sebagai sumber energi cadangan (sekunder). (Rosa, 2012)

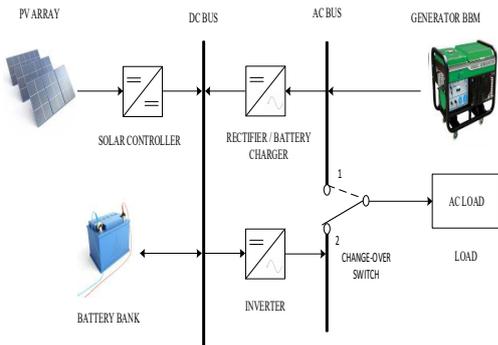
Sistem hibrida PLTS – Generator BBM dapat diklasifikasikan kedalam tiga konfigurasi, yaitu:

a) Sistem Hibrid Seri



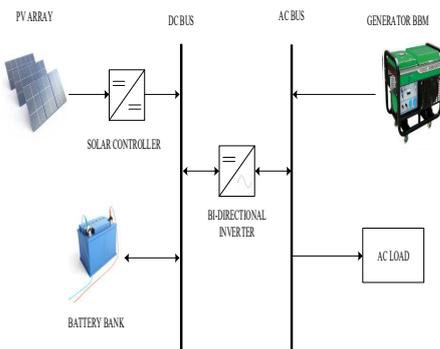
Gambar 1 Sistem Hibrid Seri

b) Sistem Hibrid Switched



Gambar 2 Sistem Hibrid Switched

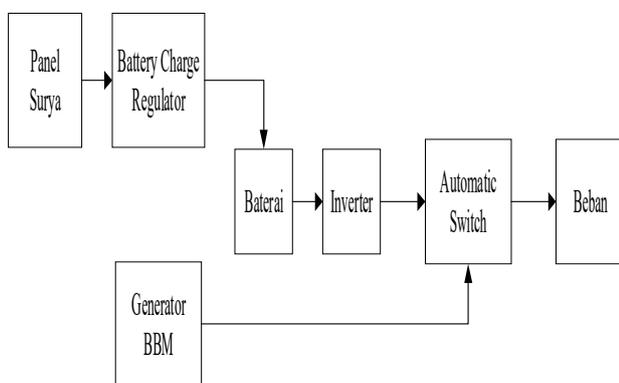
c) Sistem Hibrid Paralel



Gambar 3 Sistem Hibrid Paralel

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dapat dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Perancangan

Gambar 4 merupakan blok diagram perancangan pembangkit listrik hibrida PLTS–Genset BBM dengan

modul surya sebagai alat penyerap sumber energi utama, yaitu cahaya matahari, serta generator set yang digunakan sebagai sumber energi cadangan. Cahaya matahari yang diserap oleh modul surya akan disimpan di baterai dengan *Battery Charge Regulator* (BCR) sebagai pengaturannya. BCR akan melakukan pengisian baterai saat kapasitas baterai tersisa sebesar 20% dari kapasitas totalnya dan akan menghentikan pengisian apabila kapasitas baterai telah terisi penuh. Energi yang disimpan pada baterai akan disalurkan ke beban dengan menggunakan inverter sebagai perubah tegangan DC keluaran baterai menjadi tegangan AC yang dibutuhkan beban.

Sumber energi yang disimpan dalam baterai akan digunakan pada saat sore sampai pagi hari. Hal ini ditujukan agar pengisian baterai saat siang hari dapat lebih optimal apabila saat pengisian baterai energi yang disimpan tidak langsung disalurkan ke beban. Saat baterai diisi oleh modul surya, Generator BBM akan bekerja sebagai sumber energi listrik. Generator ini akan bekerja selama pengisian baterai berlangsung, yaitu selama 4 jam.

Saat pergantian penggunaan sumber energi antara baterai dan generator diperlukan alat yang dapat menentukan sumber energi mana yang akan digunakan oleh beban. Oleh karena itu, dibutuhkanlah *Automatic Transfer Switch* (ATS) sebagai saklar otomatis yang dapat menentukan sumber energi yang akan dipakai oleh beban. ATS bekerja berdasarkan nilai tegangan dari baterai dan inverter. Saat kondisi energi pada baterai mencapai 20%, BCR akan aktif sebagai pengatur pengisian baterai dan ATS akan aktif dan menentukan sumber energi dari genset-lah yang selanjutnya akan digunakan dan disalurkan ke beban.

Perhitungan Kebutuhan Energi

Untuk mendapatkan nilai energi yang dibutuhkan maka dapat digunakan persamaan:

$$P = S \cos\phi \quad (1)$$

$$E_{total} = P \times t \quad (2)$$

Perhitungan Modul Surya

Untuk menghitung kebutuhan modul surya maka diperlukan beberapa parameter seperti insolasi matahari, *Fill Factor*, daya maksimum modul, daya masukan dan keluaran modul, serta efisiensi dari modul surya yang digunakan.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{OC} \times I_{SC}} \quad (3)$$

$$\Sigma_{modul} = \frac{E_{total}}{\text{Daya output modul} \times \text{lama penyinaran}} \quad (4)$$

Perhitungan Baterai

Baterai digunakan untuk menampung energi yang dihasilkan oleh modul surya untuk selanjutnya disalurkan ke beban melalui inverter.

$$I_{Ah} = \frac{E_{total}}{V_s} \quad (5)$$

$$I_{Ah\ total} = \frac{I_{Ah}}{DOD} \quad (6)$$

$$\Sigma_{baterai} = \frac{I_{Ah\ total}}{\text{kapasitas baterai per-unit}} \quad (7)$$

### Perhitungan Inverter

Besar daya yang masuk ke inverter sama dengan daya yang keluar dari inverter. Tegangan masukkan inverter adalah tegangan sistem PLTS yang akan dibuat dan tegangan keluaran inverter adalah tegangan yang langsung menuju beban yaitu 220 V<sub>AC</sub>. Arus masukkan inverter didapat dengan persamaan:

$$P_{in} = P_{out}$$

$$I_{in} \times V_{in} = P_{out}$$

$$I_{in} = \frac{P_{out}}{V_{in}} \quad (8)$$

### Perhitungan Battery Charger Regulator

Beban DC pada sistem PLTS mengambil energi dari baterai yang disalurkan melalui BCR. Kapasitas arus yang mengalir pada BCR dapat ditentukan dengan mengetahui kapasitas arus yang mengalir pada beban.

$$I_{max} = \frac{\text{Kapasitas Daya Total Modul}}{V_s} \quad (9)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *hybrid* yang digunakan adalah konfigurasi *off-grid switched*. Konfigurasi ini adalah konfigurasi sistem yang berdiri sendiri, tanpa terhubung dengan sumber dari PLN, dengan sumber energi yang bekerja secara bergantian. Dua sumber energi ini akan menggantikan PLN sebagai sumber dan penghasil energi listrik untuk kebutuhan beban.

PLTS akan menyerap dan mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi listrik ini disimpan di dalam baterai dan akan digunakan untuk memasok kebutuhan listrik selama 20 jam dan sisanya, 4 jam, pasokan energi listrik akan digantikan oleh generator. PLTS menyerap energi matahari selama generator bekerja. Artinya, PLTS akan menyerap energi matahari pada siang hingga sore hari selanjutnya akan menyalurkan dayanya pada sore sampai keesokan harinya. Penggunaan PLTS difokuskan untuk sore hingga keesokan harinya agar sistem PLTS yang dipasang dapat difokuskan untuk pengisian energi baterai saja.

**Tabel 1** Hasil Perancangan Komponen Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

Komponen	Kapasitas
Kebutuhan Energi	51 kW untuk 20 jam
Jumlah Modul Surya	16 unit dengan kapasitas masing-masing 250 Wp
Jumlah Baterai	14 unit dengan kapasitas masing-masing 100 Ah 12 Volt
Inverter	Kapasitas daya 2,5 kW dengan arus input 54 A, tegangan 48 V.
Battery Charge Regulator (BCR)	BCR dengan arus input 266 A
Generator BBM	Generator gasoline (bensin) 4 tak kapasitas 3 kW, untuk pemakaian 4 jam dibutuhkan sebanyak 3,5 liter.

Hasil analisa ekonomi yang dilakukan dengan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Periode* menunjukkan investasi yang diharapkan berumur selama 10 tahun ini

memiliki nilai NPV positif dengan suku bunga sebesar 10%, nilai IRR 14,91% dan masa pengembalian modal (*Break Event Point*) adalah 4 tahun 3 bulan. Ketiga hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa NPV bernilai positif, nilai IRR lebih besar dari suku bunga, dan masa pengembalian modal kurang dari umur investasi. Dengan hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa perencanaan investasi yang dibuat memenuhi syarat kelayakan investasi dan investasi layak (*feasible*) secara ekonomis.

## KESIMPULAN

Perancangan Pembangkit Listrik Hibrida PLTS – Generator BBM Dengan Kapasitas 3 KVA yang dibuat menunjukkan bahwa untuk dapat memasok kebutuhan listrik selama 20 jam dalam satu hari maka sistem membutuhkan 16 unit modul surya berkapasitas 250 Wp dan 14 unit baterai berkapasitas 100 Ah 12 V serta kebutuhan BBM untuk generator sebanyak 3,42 liter selama 4 jam dalam satu hari agar kebutuhan listrik dapat terus terpenuhi. Perhitungan analisis ekonomi diperoleh nilai NPV sebesar Rp31.384.987,49 nilai IRR 14,91% , dan *Break Event Point* terjadi pada tahun ke 4 bulan ke-3, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan Pembangkit Listrik Hibrida PLTS – Generator BBM ini memenuhi syarat kelayakan investasi dan layak direkomendasikan secara ekonomis (*feasible*). Harga listrik per-kWh dari sistem ini adalah Rp1.289,13 per-kWh.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Bandung (Polban) yang telah mendanai penelitian ini.

## REFERENSI

- Amelia, Rosa. 2012. Analisis Ekonomi dan Perancangan Pembangkit Hybrid Wind Surya di Desa Parangtritis Yogyakarta. Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Julianto. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat pada Kampung Puay Distrik Sentani Timur.
- Hariyanto. 2015. Perancangan dan Aplikasi Pembangkit Listrik Hibrida Energi Surya dan Energi Biogas di Kampung Haur Gembong Kabupaten Sumedang. Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Bansal, N.K. 1995. Dynamics and Control of Isolated Wind Diesel Power Systems, *Int. J. Energy Research*, 19, 729-740.
- Wachjoe, C.K. 1999. Pengembangan Sistem Hibrida Untuk Mendukung Kelistrikan di Indonesia, Presentasi Energi Baru Dan Terbarukan Di Indonesia. Jakarta.
- PT. LEN Industri. Buku Petunjuk Instalasi, Pengoperasian, & Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (SHS 50 Watt peak).
- Messenger, Roger A. Ventre, Jerry. 2003. Photovoltaic Systems Engineering, second edition, *CRC Press*.
- Quashning, Volker. 2005. *Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA.

Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo. 2008. Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan. Universitas Trisakti.

Yahya, Sean Yudha. Analisis Pembangkit Listrik Hibrida (PLH), Diesel dan Energi Terbarukan di

Pulau Mandangin, Sampang, Madura Menggunakan Software HOMER. Universitas Brawijaya.

Hankins, Mark. 1995. Solar Electric Systems for Africa. *PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.*