

ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI POWER HIBRIDA (PHOTOVOLTAIC-PLN) DI JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK BRAWIJAYA MALANG

Liky Saputra Mulia¹, Ir. Mahfud Shidiq, MT.², Ir. Soeprapto, MT.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: likysaputramulia@gmail.com

Abstrak—Solar cell is one of renewable energy. Solar cell can convert directly sunlight dissociation energy of diatomic to become electric energy. Electric energy yielded by solar cell hardly influenced by the sun intensity of light received, so that solar cell can only yield electric energy if there are sunlight. Supply of electric energy should be able to be applied every time. Hybrid of solar energy alternator (PLTS) with electrical grid of PLN will yield continuous supply of electric energy. At this hybrid system, electrical supply from PLTS is designed to be around 30% from overall load of electrical equipment in household, the rest load around 70% is fulfilled by PLN. Hybrid process of PLTS with the electrical grid is controlled by a switch controller which its working principal based on one way direction; when PLTS works (on), hence electric supply from PLN is disconnected and so vice versa.

Keywords—Solar Cell, hybrid system, Switch Control

Abstract—sel surya merupakan salah satu energi terbarukan. Sel surya dapat mengkonversi sinar matahari langsung energi disosiasi diatomik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya yang tidak dipengaruhi oleh intensitas matahari cahaya yang diterima, sehingga sel surya hanya dapat menghasilkan energi listrik jika ada sinar matahari. Suplai energi listrik harus dapat diterapkan setiap kali. Hibrida dari alternator energi surya (PLTS) dengan jaringan listrik dari PLN akan menghasilkan kelangsungan penyediaan energi listrik. Pada sistem hibrid ini, suplai listrik dari PLTS ini dirancang untuk menyuplai sekitar 30% dari beban keseluruhan peralatan listrik di rumah tangga, beban sisanya sekitar 70% disuplai oleh PLN. Hibrida PLTS dengan jaringan listrik dikendalikan oleh switch pengontrol yang kerjanya satu cara arah; ketika PLTS bekerja (on), maka suplai listrik dari PLN akan terputus dan begitu sebaliknya.

Keywords—Sel Surya, sistem hibrida, switch kontrol

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi menjadi salah satu kebutuhan utama. Akan tetapi pada daerah-daerah tertentu untuk

mendapatkan layanan penerangan secara maksimal masih sulit. Hal ini dikarenakan sumber energi listrik yang kurang. Oleh karena masalah tersebut, maka dicari teknologi baru untuk menggantikan sumber energi listrik. Salah satu caranya adalah dengan memakai energi matahari yang sangat berlimpah dan tidak akan habis jika digunakan terus-menerus. Dengan menggabungkan dua sumber energi yang telah ada, maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas.

Energi baru dan yang terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

2. Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengetahui analisis teknik sistem Pembangkit Listrik Hibrida (*photovoltaic-PLN*).
2. Mengetahui analisis ekonomi sistem Pembangkit Listrik Hibrida (*photovoltaic-PLN*).

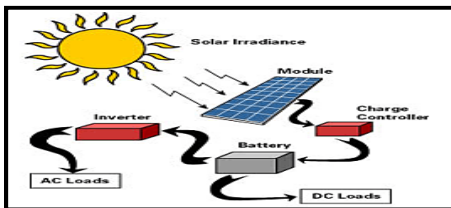
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Matahari

Matahari merupakan sebuah bola yang permukaannya di lingkupi oleh gas yang sangat panas, yang berasal dari 98% Hidrogen dan Helium. Di bagian dalam matahari berlangsung reaksi fusi inti secara terus menerus, yang melebur Hidrogen menjadi helium, dan sebagian massanya menjadi energi. Energi inilah yang membuat suhu matahari sangat panas.^[1]

B. Modul Photovoltaik

Sistem PV (*photovoltaic*) adalah sistem yang mengonversi sinar matahari menjadi listrik. Sistem PV terdiri dari modul atau panel surya, inverter, charger dan baterai. Modul PV menghasilkan listrik DC dan mengirimkannya ke *charge controller* yang mengatur muatan baterai, Cadangan listrik baterai yang dapat digunakan pada malam hari atau selama pemadaman atau bisa juga langsung digunakan untuk mencatu beban DC. Inverter mengubah daya DC yang tersimpan pada baterai menjadi listrik AC. Gambar dibawah dengan jelas tentang sistem *photovoltaic* beserta komponen-komponen utama penyusunnya. Berikut ini adalah penjelasan masing-masing komponennya.^[2]



Gambar 1. Bagan Sistem *Photovoltaic*
(Sumber: <http://hybridesolarcell.blogspot.com>)

Di Indonesia umumnya energi surya yang dapat diserap dan dikonversi kedalam energi listrik berlangsung selama 5 jam, karena itu untuk menghitung berapa kebutuhan modul surya adalah dengan cara membagi angka kebutuhan daya tersebut dengan 5.

$$\text{Kebutuhan panel surya} = \frac{ET}{5h} \quad (2-1)$$

$$\text{Panel surya} = \frac{\text{kebutuhan panel surya}}{\text{daya panel surya yang digunakan}}$$

C. Baterai

Baterai mengakumulasi kelebihan energi yang dihasilkan oleh sistem *photovoltaic* dan menyimpannya untuk digunakan pada saat tidak ada masukan energi dari sumber lain. Kapasitas baterai untuk menyimpan energi dinilai dalam amp.jam: 1 amp dialirkan selama 1 jam = 1 amp.jam. Suatu energi (dalam Wh) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut :

$$\text{Ah} = \frac{ET}{VS} \quad (2-3)$$

Dimana, Ah = kapasitas baterai
ET = Energi Total

Hari otonomi yang ditentukan adalah tiga hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkan pada hari itu juga. Besarnya *deep of discharge* (DOD) pada baterai adalah 85%. Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah:

$$C_b = \frac{Ah \times d}{DOD} \quad (2-3)$$

Dimana, C_b = Kapasitas baterai
D = Banyak hari otonomi
DOD = *deep of discharge*

D. Battery Controller Regulation (BCR)

Fungsi yang paling dasar dari BCR adalah untuk mengontrol pengisian dan pembebanan baterai. Pengisian terus menerus akan menyebabkan tegangan/energi baterai naik. Kenaikan ini harus dibatasi karena pengisian tanpa batas dapat menyebabkan usia baterai menurun (cepat rusak), demikian pula sebaliknya pemakaian energi baterai harus dibatasi sampai pada nilai tegangan tertentu. Ketika tegangan baterai mencapai nilai tertinggi yang diperbolehkan, maka lampu indikator BCR menyala hijau berkedip dan ini menunjukkan bahwa baterai terisi penuh. Pemakaian secara terus menerus juga harus dihindari karena juga dapat merusak baterai. Ketika tegangan baterai mencapai nilai terendah yang diijinkan, maka BCR memutuskan aliran beban dengan indikator lampu warna merah menyala.^[3]

E. Relay

Relay adalah suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor (saklar) yang tersusun. Kontaktor akan tertutup (on) atau terbuka (off) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan kontaktor (on/off) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.^[4]

F. Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya menjadi AC.^[5]

Penggunaan inverter dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk perangkat yang menggunakan AC (Alternating Current).

G. Switch Controller

Proses kendali sistem hibrida antara PLTS dan PLN dilakukan oleh unit kontroler. Sistem hibrida yang akan dirancang menggunakan prinsip kerja satu arah, yaitu dalam satu waktu tertentu beban hanya disuplai oleh salah satu pembangkit, oleh karena itu *switch controller* akan bertindak mengatur sumber pembangkit yang akan mensuplai beban. Pada *switch controller* yang akan dirancang, unit kontroler dapat digunakan secara

manual maupun otomatis. Secara manual yaitu pengguna dapat memilih sumber pembangkit yang akan mensuplai beban dengan menentukan salah satu sumber pembangkit yang akan bekerja terlebih dahulu. Secara otomatis yaitu unit kontroler akan bekerja secara otomatis mendeteksi kesiapan sumber pembangkit yang akan mensuplai beban. Jika salah satu sumber pembangkit tidak dapat lagi mensuplai beban, maka secara otomatis sumber pembangkit yang lain yang akan menggantikannya.

Pada saat sistem hibrida mulai bekerja (*start*), unit kontroler akan memilih mode yang akan digunakan. Jika yang digunakan mode manual, maka pengguna harus memilih sumber pembangkit yang akan digunakan dengan menentukan pilihan mode PLN atau mode PLTS. Pada saat salah satu sumber pembangkit menurun dalam mensuplai beban, maka pengguna harus mengaktifkan mode untuk pembangkit yang lain secara manual. Jika yang digunakan mode otomatis, maka unit kontroler akan memeriksa tegangan *Battery Controller Regulation* (BCR) pada PLTS. Apabila tegangan tidak lebih besar dari 22,2V, maka PLTS akan melakukan pengisian. (Sistem bekerja pada tegangan 24 Volt).^[6]

Pada saat PLTS melakukan pengisian (*charging*), perintah diteruskan ke PLN untuk mensuplai beban. Apabila PLTS sudah melakukan proses *charging* sampai pada tegangan lebih besar dari 23,3V, maka PLN akan off dan unit kontroler akan mendeteksi lagi tegangan BCR pada PLTS. Apabila tegangan lebih besar dari 22,2V, maka PLTS akan bekerja mensuplai beban. Pada saat bekerja mensuplai beban, PLTS juga melakukan pengisian (*charging*).

H. Beban Listrik

Langkah awal dalam analisis sistem hibrida PLTS dan PLN adalah menentukan beban total pada harian pada sistem itu sendiri. Dari penentuan beban kurva beban listrik rumah tangga. Beban total harian merupakan jumlah energi yang dibutuhkan oleh beban listrik sistem setiap harinya.^[7]

Penentuan kebutuhan total beban sistem merupakan langkah awal dalam merancang sistem hibrida PLTS dan PLN. Penentuan kebutuhan total beban sistem telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Besar energi beban yang akan disuplai oleh PLTS adalah sebesar:

$$\text{Energi awal } (E_A) = \frac{h}{2} \{ P_{\square} + 2 \sum_{i=1}^{n-1} P_i + P_n \} \quad (2-4)$$

Dengan: h = selang pengukuran (60 menit)

P_n = Daya hasil pengukuran ke n (Watt)

P_i = Daya pengukuran $P_1 + P_{n-1}$

Pada modul PV akan selalu ada daya yang hilang, besarnya tergantung pada jenis dan kualitas dari modul surya, untuk amannya maka kalikan total watt jam perhari dengan 1,3, nilai inilah yang harus dihasilkan oleh sistem PV. Total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar:

$$E_T = E_A \times \text{rugi-rugi sistem} \quad (2-5)$$

Dengan E_T = Energi total

E_A = Energi Awal

I. Software Homer

HOMER adalah suatu model *Micropower* untuk mempermudah dalam mengevaluasi desain dari jaringan tunggal (*grid-off*) maupun jaringan yang terkoneksi dengan sistem (*grid-connected*). Dalam merancang sistem pembangkit harus diperhatikan mengenai konfigurasi sistem, diantaranya : komponen apa saja yang tidak dapat dimasukkan dalam konfigurasi sistem, berapa banyak dan berapa ukuran masing-masing komponen yang harus digunakan, banyaknya pilihan teknologi dalam perhitungan biaya dan ketersediaan sumber daya energi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

A. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam menganalisis sistem.

B. Pengambilan Data

Data – data yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung di lapangan. Pada skripsi ini, data primer adalah data beban terpasang yang terdiri dari data:

- a. Data Panel *Photovoltaic*
- b. Data Baterai
- c. Data *Battery Chontroller Regulator* (BCR)
- d. Data Beban

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan skripsi yang relevan

dengan pembahasan skripsi. Adapun data sekunder yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

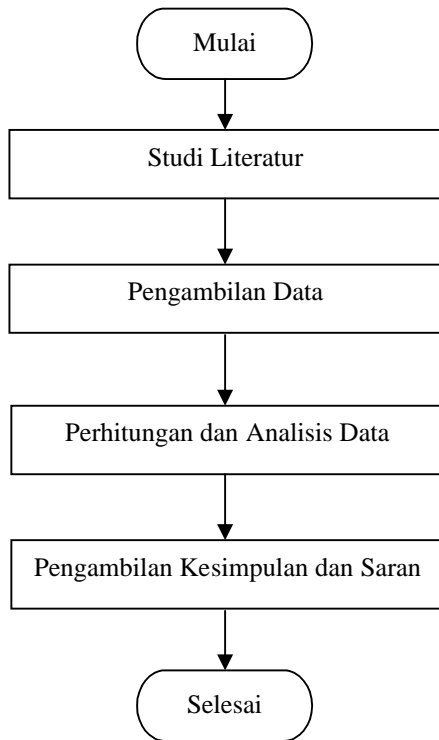
- a. Program Homer
- b. Data Spesifikasi Peralatan

C. Analisis Data dan Pembahasan

Penelitian tentang pemanfaatan Pembangkit Listrik Surya yang di hibrida dengan PLN di gedung layanan akademik jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, tahapannya sebagai berikut:

1. Pengumpulan data, mulai dari mencatat kapasitas beban yang ada dengan cara melakukan pengukuran di gedung layanan akademik jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, mencatat kapasitas PLN yang di hibrida dengan PLTS.
2. Menganalisis data-data yang sudah terkumpul secara teknik dan ekonomis menggunakan *software* HOMER.

Langkah metode dan proses penelitian ini digambarkan sesuai diagram alir seperti berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

D. Penutup

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan teori, hasil perhitungan serta analisis, yaitu kelayakan proyek ini untuk

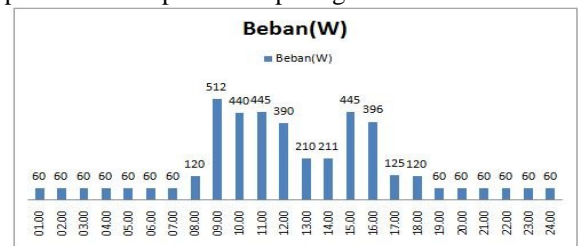
dilaksanakan Dan juga dilakukan pemberian saran kepada pembaca yang akan melakukan studi terkait dengan skripsi ini. Meliputi hal-hal yang menjadi kendala dalam penelitian ini, atau hal-hal yang masih memerlukan kajian lebih dalam lagi.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

1. Beban Total

Beban total harian merupakan jumlah energi yang dibutuhkan oleh beban listrik sistem setiap harinya. Beban terpasang, daya terpasang, lama penggunaan beban, serta kebutuhan energi setiap hari pada sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Grafik data beban per jam

Penentuan kebutuhan total beban sistem merupakan langkah awal dalam merancang sistem hibrida PLTS dan PLN. Besar energi beban yang akan disuplai oleh PLTS berdasarkan persamaan (2-4):

$$\text{Energi awal} = 4194 \text{ Wh}$$

Sedangkan berdasarkan persamaan (2-5) didapatkan energi total:

$$\text{Energi total} = 5452,2 \text{ Wh} \quad (1)$$

2. Kapasitas Daya Modul Surya

Di Indonesia umumnya energi surya yang dapat diserap dan dikonversi kedalam energi listrik berlangsung selama 5 jam, karena itu untuk menghitung berapa kebutuhan modul surya adalah berdasarkan pada persamaan (2-1):

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan panel surya} &= \frac{5452,2 \text{ Wh}}{5 \text{ h}} \\ &= 1090,44 \text{ Watt-peak} \quad (2) \end{aligned}$$

Pada sistem ini menggunakan modul panel surya 205 Wp, maka kebutuhan modul surya adalah nilai kebutuhan watt peak tersebut dibagi dengan nilai daya panel surya.^[18]

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \frac{1090,44 \text{ Wp}}{205 \text{ Wp}} \\ &= 6 \text{ Panel Surya} \quad (3) \end{aligned}$$

Jadi panel surya yang dibutuhkan adalah 6 panel surya dengan ukuran 205Wp.

3. Kapasitas Baterai

Suatu energi (dalam Wh) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Ah} &= \frac{5452,2 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} \\ &= 454,35 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Hari otonomi yang ditentukan adalah tiga hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkan pada hari itu juga. Besarnya *deep of discharge* (DOD) pada baterai adalah 85%^[12]. Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{454,35 \text{ Ah} \times 3}{0,85} \\ &= 1603,58 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan baterai 24 V 110 Ah, maka :

$$\begin{aligned} \text{Baterai} &= \frac{1603,58 \text{ Ah}}{110 \text{ Ah}} \\ &= 16 \text{ baterai} \end{aligned}$$

Jadi baterai yang dibutuhkan adalah 16 baterai 12 V 110Ah.

4. Kapasitas Battery Charge Regulator (BCR)

Kapasitas arus yang mengalir pada BCR dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang. Beban maksimal yang terjadi pada 512 watt pukul 08.00 (Gambar 3).

$$\begin{aligned} I_{\max} &= \frac{P_{\max}}{V_s} \\ &= \frac{512 \text{ watt}}{24 \text{ volt}} \\ &= 21,33 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas BCR yang harus digunakan harus lebih besar dari 21,33 Ampere.

5. Inverter

Karena beban puncak sistem adalah 512 W/h maka menggunakan inverter 1kw. Untuk menjaga agar tegangan baterai tidak turun terlalu rendah yang dapat menyebabkan kerusakan, maka ON dan OFF dari inverter dikendalikan oleh BCR dengan menggunakan rele 24 volt DC.

6. Homer

Setelah mendapatkan semua data yang dibutuhkan maka program homer dapat menentukan biaya optimasi sistem.

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
PV	1,132	0	0	0	0	1,132
Grid	0	0	71	0	0	71
Copy of Vision 6FM200D	125	90	56	0	-10	261
Converter	1,000	0	111	0	0	1,111
System	2,257	90	236	0	-10	2,575

Gambar 4. Total Biaya NPC



Gambar 5. Hasil produksi listrik masing-masing komponen

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan penelitian sistem energi alternatif ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini didapatkan konfigurasi teknik sistem berupa, 6 panel surya 205Wp, 8 baterai bank 12V 110AH, 1kW konverter *bi-directional*.
2. Berdasarkan analisis ekonmi konfigurasi dipilih berdasarkan Total Net Present Cost (NPC) yaitu \$2.575, dengan Initial Capital Cost \$2.257 dan Cost of Energy (COE) \$0.152/kWH. Jika di akumulasikan dalam rupiah maka akan didapatkan Total Net Present Cost (NPC) yaitu Rp 29.143.850,00 dengan Initial Capital Cost Rp 25,544.726,00 dan Cost of Energy (COE) Rp 1.720,00/kWH. Untuk hasil simulasi renewable fraction, homer mendapatkan nilai sebesar 81%.

B. Saran

Dalam perancangan sistem ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan. Saran-saran untuk penyempurnaan dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Adanya studi lanjutan tentang masing-masing komponen sistem dalam kapasitas yang lebih besar lagi, karena untuk saat ini semua komponen masih didatangkan dari luar negeri. Jika komponen sudah mampu diproduksi di dalam negeri, tentu harganya akan semakin dapat ditekan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadir, Abdul, Prof, Ir., Energi : Suatu Perkembangan, Listrik Pedesaan di Indonesia, UI Press, Jakarta, 1994.
- [2] JETri, Volume 8, Nomor 1, Agustus 2008, Halaman 37-56, ISSN 1412-0372.
- [3] Shidiq, Mahfud, MT, Ir.dkk, kajian pemanfaatan energi listrik sistem hibrid diesel-surya di jurusan elektro universitas brawijaya, Malang, 2013.

- [4] El-Hawary, Mohamed E. 2008. *Introduction To Electrical Power Systems*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Quaschnig, V.: *Understanding Renewable Energy Systems*. Earthscan London, ISBN 1-84407-128-6, 1st edition 2005.
- [6] Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo. *Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik*, 2008.