

# PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* (PLN- *SOLAR CELL*) PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGUNAKAN HOMER

Apri Anggi Prayogi<sup>1</sup>, Husein Mubarak S.T., M.Eng.<sup>2</sup>, Setyawan Wahyu Pratomo S.T., M.Eng.<sup>3</sup>

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia*

<sup>1</sup>14524111@students.uii.ac.id

<sup>2</sup>Mubarak.husein@gmail.com

<sup>3</sup>setyawan.wahyu@uui.ac.id

**Abstrak**— Saat ini ftsp uii masih menggunakan energi listrik tak terbarukan (PLN). Karena pertumbuhan ekonomi dan permintaan energi listrik semakin meningkat maka diperlukannya terobosan baru untuk mengatasinya dengan usaha penyediaan energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan sistem photovoktaik sebagai *hybrid* pada gedung FTSP UII. Pada penelitian ini akan membahas bagaimana cara merancang sistem *hybrid* baik secara teknik maupun secara ekonominya sesuai dengan kondisi pada gedung FTSP UII. Komponen pada penelitian ini yaitu sistem *hybrid* yang terdiri dari : panel surya, baterai, inverter dan HOMER sebagai aplikasi untuk simulasinya. Hasil dari perancangan sistem *hybrid* pada gedung FTSP UII yang akan dipasang sebanyak 52 panel surya berkapasitas 320 wp, 8 baterai berkapasitas 48v 50 AH, dan 4 inverter berkapasitas 4 kw. Berdasarkan hasil dari simulasi HOMER didapatkan total NPC sebesar Rp 236.319.432,00, COE sebesar 604,349 kWh/yr, BEP selama 11 tahun 5 bulan, dan RF 87,2 %.

**Kata kunci**— *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, hybrid, tenaga surya, HOMER, simulasi, perhitungan, Total NPC, COE, BEP*

## I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan adalah suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga sumber energi tersebut tidak akan bisa habis contohnya air, panas bumi, matahari,

biomassa, angin, perubahan suhu laut, biogas, *biofuel* dan gelombang laut menurut kebijakan nasional [1].

Salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah energi matahari karena merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan kehidupan manusia. Pemanfaatan dari sumber energi terbarukan harus dikembangkan karena peran dan harga dari energi fosil sendiri selalu meningkat dan melambung tajam sebagai penyedia sumber energi yang terus-menerus selalu digunakan dari PLN [2].

Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu kampus yang telah menerapkan energi terbarukan yaitu energi photovoltaik atau disebut juga *solar cell*. Pemanfaatan energi surya saat ini sedang dikembangkan oleh Fakultas Teknologi Industri UII untuk dijadikan sumber energi listrik alternatif. Dengan menggunakan modul surya energi sinar matahari tersebut dapat diubah menjadi energi listrik. Modul surya tersebut diletakkan di atap gedung Fakultas Teknologi Industri untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang cukup untuk menyuplai daya listrik khususnya LCD proyektor berkapasitas 260 W yang berada di 36 kelas pada Fakultas Teknologi Industri UII.

FTSP UII merupakan salah satu fakultas di kampus UII yang masih menggunakan energi listrik dari PLN (energi tidak terbarukan). Karena banyaknya beban yang dipakai

pada saat jam perkuliahan, maka penggunaan PLN cukup membebani dalam segi ekonomi. Contohnya pada bulan Juni yaitu sekitar Rp. 50.459.955. Selain dampak dari segi ekonomi penggunaan energi konvensional berpengaruh pada ramah lingkungan

Gedung FTSP UII juga sangat cocok untuk menerapkan energi listrik dari photovoltaik mengingat intensitas cahaya matahari nya yang bagus untuk penerapan energi photovoltaik Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas. Salah satu upaya yang akan dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pada penelitian ini akan menggunakan aplikasi HOMER PRO. HOMER atau *Hybrid Optimization Model for Energy Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic*, *microhidro*, *battery* serta kombinasi lainnya yaitu antara sumber energi baru dan terbarukan lainnya yang berfungsi untuk melayani beban listrik maupun beban thermal. Dengan aplikasi HOMER akan didapatkan hasil *Net Present Cost*(NPC), *Cost Of Energy*(COE) dan *Renewable Fraction* (RF) yang diinginkan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Studi Literatur

Penelitian [3] mempresentasikan penggunaan model optimasi hibrida untuk listrik terbarukan (HOMER) untuk merancang sistem terbarukan mempertimbangkan efisiensi energi.. sistem model yang terdiri dari turbin angin, sistem PV, generator diesel ac, baterai dan sistem konverter diselidiki menggunakan profil beban yang berbeda. Hasil ringkasan arus kas menunjukkan bahwa peningkatan profil beban mengarah ke lebih banyak modal, operasi,

penggantian, peningkatan bahan bakar, dan nilai sisa proyek untuk turbin angin, PV, diesel, dan sistem baterai.

Penelitian [4] menyajikan sistem daya *hybrid* yang diusulkan untuk situs telekomunikasi jarak jauh di imaliya (bhanpur). Produksi listrik rata-rata bulanan dari sistem. produksi photovoltaik adalah 37%, produksi generator diesel adalah 34%, dan turbin angin adalah 28%. total *Net Present Cost* (NPC), biaya modal dan biaya Energi (COE) untuk sistem tersebut adalah \$ 112174, \$ 59400 dan 0,692 \$ / kWh, masing-masing selama satu tahun waktu pengembaliannya sekitar 20 tahun.

Penelitian [5] telah melakukan studi perbandingan kerja grid dengan sistem PV surya yang akan dipasang di Universitas Teknik Uttarakhand. Setelah penelitian, menyimpulkan bahwa biaya pemasangan sistem akan membuat Universitas Teknik Uttarakhand menyimpan uang mereka setelah instalasi. Tetapi hasil yang paling berdampak adalah pengendalian emisi karbon yang 20,520 kg/tahun menggunakan grid sementara hanya 83,3 kg/tahun jika kita mengaplikasikan sistem ini. Ini menyimpulkan bahwa pemasangan sistem akan sangat membantu dalam pengendalian emisi yang merupakan kekhawatiran paling penting dari lingkungan di dunia saat ini.

### B. Beban Total Listrik

Beban total listrik adalah jumlah keseluruhan total energi yang digunakan sebagai langkah awal untuk perancangan sistem *hybrid* (*photovoltaic* dan PLN). Beban total terdiri dari daya terpasang, beban terpasang, kebutuhan energi, dan lamanya penggunaan beban setiap hari [6]. Beban total inilah yang akan digunakan untuk perancangan sistem *hybrid* pada penelitian ini.

### C. Potensi Energi Surya Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII

Indonesia merupakan daerah yang memiliki potensi untuk menerapkan energi surya yang sepanjang tahunnya cukup besar. Energi surya dapat dimanfaatkan secara

langsung sebagai sumber energi alternatif selain dari jaringan PLN. Maka dari itu FTSP UII yang lokasinya di Indonesia sangat cocok untuk menerapkan energi surya tersebut. Hal ini juga dilandasi dengan berdasarkan data potensi melalui *NASA Surface meteorology and Solar Energy*. Berikut data hasil yang diperoleh melalui *NASA Surface meteorology and Solar Energy* [7].

TABEL ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT.-1 RADIASI MATAHARI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI PER BULAN

Bulan	Radiasi Matahari kWh/m <sup>2</sup> /day
Januari	4,280
Februari	4,470
Maret	4,590
April	4,720
Mei	4,730
Juni	4,550
Juli	4,800
Agustus	5,250
September	5,540
Oktober	5,390
November	4,710
Desember	4,570
<b>Rata - rata</b>	<b>4,800</b>

Pada tabel 2.1 merupakan data radiasi matahari berdasarkan hasil simulasi HOMER yang berada di FTSP UII. Dengan hasil rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/day maka FTSP UII sangat berpotensi untuk menerapkan panel surya.

#### D. Photovoltaic (Modul Surya)

Photovoltaik atau disebut modul surya merupakan bahan semikonduktor yang berfungsi untuk mengubah sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik [8]. Perubahan sinar matahari menjadi energi listrik ini disebut efek photovoltaik.

Kinerja photovoltaik sendiri sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari karena semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh photovoltaik. Berikut ini adalah jenis-jenis modul surya yang biasa digunakan:

##### 1. Mono-crystalline

Modul surya jenis *mono-crystalline* ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Panel dari modul *mono-crystalline* ini lebih halus dibandingkan dengan jenis *poly-crystalline*. Pada panel *mono-crystalline* memiliki efisiensi sebesar 15% pada suhu 25 °C dan menurun menjadi 12 – 15 % pada suhu 50 °C. contoh dari modul *mono-crystalline* adalah *CanadianSolar All-Black CS6K-290MS*, Kelemahan dari jenis *Mono – Crystalline* yakni tidak berfungsi dengan baik ditempat yang intensitas cahaya matahari yang kurang, dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

##### 2. Poly-crystalline

Modul surya jenis *poly-crystalline* adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silikon *block-cast*. Elektron yang ada akan terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel *poly-crystalline*, hal ini menyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan *mono-crystalline*. Efisiensi yang dimiliki oleh modul jenis ini hanya berkisar 13,5% pada suhu 25 °C dan dapat mengalami penurunan hingga 15 -25% pada suhu 50 °C. contoh dari modul surya *poly-crystalline* adalah

CanadianSolar Standard CS6P-260. Tipe inilah yang digunakan di sistem Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dikarenakan jenis ini masih dapat menghasilkan daya listrik meskipun cuaca berawan maupun mendung.

Untuk mencari kebutuhan panel yang digunakan pada sistem ini ditunjukkan pada persamaan 2.1

$$\text{Jumlah Modul Surya} = \frac{E_T}{\text{panel surya yang digunakan}}$$

(Error! No text of specified style in document.. 1)

Dimana :

ET = Energi Total (Wh)

#### E. Baterai

Baterai berfungsi untuk penyimpanan energi listrik dari panel surya ketika dihasilkan pada siang hari dan digunakan ketika malam hari atau saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik. Baterai akan mengisi/charge atau mengosongkan/discharge tergantung terik matahari yang akan dihasilkan modul surya.

Pada persamaan 2.2 merupakan cara menghitung total kapasitas baterai yang digunakan pada penelitian ini. Kapasitas baterai merupakan kemampuan dari seberapa lama baterai untuk memberikan aliran listrik ke beban yang dinyatakan dalam satuan Ah (*ampere hour*). Baterai yang digunakan 48 V 50 Ah berarti baterai ini memberikan arus sebesar 50 A dalam satu jam artinya memberikan daya sebesar 2200 W. Sedangkan pada persamaan 2.3 merupakan jumlah baterai yang akan digunakan pada penelitian ini.

Dimana :

Cb = Kapasitas Baterai (Wh)

ET = Energi Total (Wh)

DOD = *Deep Of Discharge*

Jumlah Baterai yang digunakan (2.3)

$$= \frac{\text{total kapasitas baterai}}{\text{baterai yang digunakan}}$$

#### F. Inverter

Inverter *Hybrid* merupakan inverter yang dapat mengkonversi tegangan DC menjadi AC yang berasal dari modul surya. Perbedaan inverter *hybrid* dengan inverter yang lain adalah inverter *hybrid* ini dapat berdiri sendiri karena keluarannya harus terhubung ke jalur PLN.

#### G. Net present cost (NPC)

*Net present cost* (NPC) merupakan semua biaya keseluruhan yang digunakan dalam pembangunan komponen baik dalam pemasangan maupun pengoperasian suatu proyek. *Net present cost* dapat diketahui dengan persamaan (2.4).

$$\text{NPC} = \text{Capital Cost} + \text{Replacement cost} + \text{O\&M cost} + \text{Fuel Cost} - \text{Salvage} \quad (2.4)$$

Dimana :

*Capital cost* = biaya komponen (Rp)

*Replacement cost* = biaya pergantian komponen (Rp)

*O&M cost* = biaya operasional dan perawatan (Rp)

*Fuel cost* = biaya bahan bakar (Rp)

#### H. Cost of energy (COE)

*Cost of energy* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. COE dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit hibrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan (2.5).

$\text{COE} = \frac{TAC}{E_{\text{tot.served}}}$	(2.5)
--	-------

Dimana ;

$C_b = \frac{E_T}{DOD}$	(2.2)
-------------------------	-------

TAC (*total annualize cost*) = biaya total tahunan pembangkit hibrid  
 $E_{tot.served}$  = total energi tahunan untuk beban (kWh)

### I. Break Event Point (BEP)

*Break Event Point* (BEP) adalah perbandingan antara harga total komponen dalam suatu proyek dengan harga jual ke PLN dikalikan dengan produksi dari energi yang dihasilkan dalam satu tahun. BEP atau disebut juga balik modal yang bisa dinyatakan dalam tahunan, bulanan, mingguan ataupun harian tergantung hasil perhitungan. Nilai BEP dapat diketahui pada persamaan (2.6). Untuk harga jual energi listrik ke PLN sudah terlampir.

$$BEP = \frac{TOTAL\ CAPITAL}{E_{tot.served} \times \text{Harga jual listrik ke PLN}} \quad (2.6)$$

Dimana :

TOTAL CAPITAL = Biaya total komponen (Rp)  
 $E_{tot.served}$  = total energi tahunan untuk beban (kWh)  
 Harga jual listrik ke PLN = 955 (Rp)

### J. HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*)

HOMER atau *Hybrid Optimization Model for Energy Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic*, *microhidro*, *battery* serta kombinasi lainnya yang berfungsi untuk melayani beban listrik maupun beban thermal[12]. HOMER sendiri sudah berkembang di USA dan bekerja sama dengan perusahaan lain yaitu *Mistaya Engineering*, dan hak ciptanya dilindungi oleh *Mildwest Research Institute* dan digunakan oleh *Departemen Energi Amerika Serikat (DOE)* dan dikembangkan oleh sebuah perusahaan *The National Renewable Energy Laboratory (NREL)*[12].

## III. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Sistem Hybrid (PLN-Solar Cell) Pada Gedung FTSP UII

#### 1. Total Beban

Langkah awal dalam perancangan sistem *hybrid* (PLN-*Solar Cell*) adalah dengan menentukan beban total harian yang digunakan pada Gedung FTSP UII.

Nomor	Beban	Total Daya (Wh)
1	Lantai 3	7552
2	Lantai 4	7784
	Total	<b>15336</b>

Beban listrik yang diambil untuk penelitian adalah beban listrik pada Gedung FTSP UII pada lantai 3 dan lantai 4 dengan total beban 15336 Wh ditunjukkan pada tabel 3.3.

#### 2. Panel Surya

Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah panel surya bertipe Poly-crystalline yang sudah terlampirkan dengan kapasitas 320 Wp. Berdasarkan persamaan (2.1) maka panel surya yang dibutuhkan minimal sebanyak 48 panel surya, dengan kapasitas setiap panel surya 320 Wp.

#### 3. Baterai

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai *pylontech* dengan kapasitas 2400 Ah yang sudah terlampirkan. Berdasarkan persamaan 2.2 maka total kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 19170 Wh dengan DOD baterai 80 %.

Berdasarkan persamaan 2.3 maka baterai yang digunakan berjumlah 8 baterai yang berkapasitas 48 V 50 AH untuk setiap baterainya nya.

#### 4. Inverter

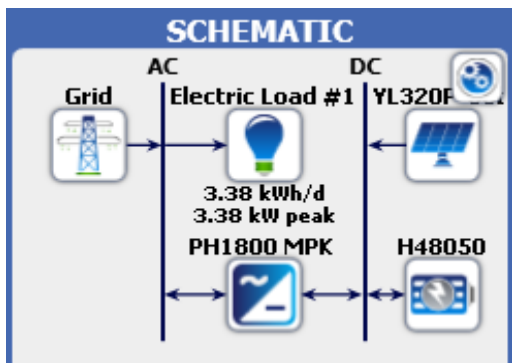
Penentuan Inverter adalah dengan berdasarkan beban puncaknya. Total beban puncak pada penelitian sebesar 15336 W sedangkan inverter yang digunakan dalam penelitian sebesar 4 kW, maka inverter yang dibutuhkan sebanyak 4 inverter. Untuk data inverter sudah terlampirkan.

Karena menggunakan 4 inverter maka setiap satu inverter terhubung dengan 12 panel surya dan 2 baterai. Setiap satu inverter ditambahkan 1 buah panel surya untuk mengantisipasi kekurangan daya yang akan disuplai oleh

panel surya, jadi total panel surya yang dibutuhkan sebanyak 52 panel surya dan total dayanya sebanyak 16640 Wp.

### B. Perancangan Simulasi Sistem Hybrid (PLN-Solar Cell) Pada Gedung FTSP UII

GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT.1



SKEMATIK

Pada perancangan simulasi sistem *hybrid* (PLN-Solar Cell) akan mensuplai beban sebesar 15336 W yaitu terdiri dari Lampu 36 W dan LCD Proyektor 260 W. Karena keterbatasan dari HOMER yang tidak bisa mencantumkan lebih dari 2 inverter secara langsung maka untuk mengatasinya perancangan ini hanya akan menggunakan satu inverter saja yang mana satu inverter ini terdiri dari 13 panel surya dan 2 baterai. Jadi beban yang akan disuplai untuk satu inverter sebesar 3,384 kW.

Pada gambar 3.1 merupakan skema dari perancangan *hybrid* menggunakan HOMER yang sudah diatur parameter sesuai komponennya. Terlihat pada gambar bahwa inverter yang digunakan adalah inverter PH1800 MPK dengan total beban yaitu 3.38 kWh/d dengan beban puncaknya 3.38 kW peak, Baterai H48050, Panel Surya YL320P, dan Grid. Pada panel surya dan baterai memiliki output daya listrik *direct current* (DC), yang kemudian masuk ke inverter untuk diatur daya yang akan disuplai ke beban, disimpan ke baterai atau disumbangkan ke jaringan PLN. Dan beban hanya dapat memperoleh daya listrik berkeadaan *alternating current* (AC).

## IV. HASIL DAN ANALISIS

### 1. Nilai Ekonomis Dari Pembangkit Listrik *Hybrid*

TABEL 4.1 NILAI EKONOMIS DARI PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID*

Parameter	Nilai
<i>Renewable fraction</i>	87,2 %
<i>Net present cost</i>	Rp 236.319.432
<i>Cost of energy</i>	604,349 Rp/kWh
<i>Break Event Point</i>	11 tahun 5 bulan
Total produksi energi	28.088 kWh/tahun

Nilai ekonomis yang didapatkan pada perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* (PLN-Solar Cell) dapat dilihat pada tabel 4.1.

## V. KESIMPULAN

Dari Percobaan dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem *Hybrid* sudah tercapai karena semua komponen sistem *hybrid* pada gedung FTSP UII telah terpenuhi. 52 Panel surya 320 Wp, 8 Baterai 48 V 50 AH, dan 4 Inverter *Hybrid* 4 Kw.
2. Perhitungan dalam merancang sistem *Hybrid* sangat penting sebelum membeli komponen-komponen PLTS tersebut.
3. Potensi radiasi matahari pada gedung FTSP UII sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/day
4. Berdasarkan analisis ekonominya maka didapatkan nilai NPC sebesar Rp 236.319.432,00, *initial capital cost* sebesar Rp 309.287.120,00, *Cost of Energy* sebesar 604,349 kWh/yr, dan BEP selama 11 tahun 5 bulan.
5. Lokasi FTSP UII sangat cocok dalam pengaplikasian sistem *hybrid* (PLN-Solar Cell) karena *renewable fraction* sebesar 87,2 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Ilmu, P. Indonesia, P. Penelitian, and P. Iptek,

- “Studi model bisnis dan kemampuan teknologi industri plts menuju kemandirian energi,” pp. 1–106, 2015.
- [2] I. Kholiq, “Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm,” *iptek*, vol. 19, no. 2, pp. 75–91, 2015.
- [3] K. E. Okedu and U. Roland, “*Optimization of Renewable Energy Efficiency using HOMER*,” no. June 2014, 2015.
- [4] A. Sharma, A. Singh, and M. Khemariya, “*HOMER Optimization Based Solar PV; Wind Energy and Diesel Generator Based Hybrid*,” no. 1, pp. 199–204, 2013.
- [5] N. Rana, “*Cost Analysis of Solar power generation using HOMER optimization software*,” no. January, 2018.
- [6] M. Bachtiar, “Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (*solar home system*),” *SMARTek*, vol. 4, no. 3, pp. 176–182, 2006.
- [7] *NASA Surface meteorology and Solar Energy*  
<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca>
- [8] N. Kurniasih *et al.*, “Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhidro - Photovoltaic Array Menggunakan HOMER Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Provinsi Riau,” no. 1, pp. 30–40, 2015.