

## DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA *ON GRID* PADA GEDUNG ASRAMA PUTRA POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE

Daffa Khalif Al Husain<sup>1</sup>, Maimun<sup>2</sup>, Said Aiyub<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: husainkhalifboy@gmail.com<sup>1</sup>, maimun@pnl.ac.id<sup>2</sup>, saidaiyub@pnl.ac.id<sup>3</sup>.

### ABSTRAK

Di Aceh sendiri memiliki potensi energi surya sebesar 7.881 MW, namun masih sangat sedikit dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik. Gedung Asrama Putra memiliki daya yang terpasang 82,5 kVA dan beban rata-rata perhari sebesar 223,19 kWh/day. Dengan melihat beban rata-rata perhari 223,19 kWh/day tersebut pasti memiliki pembiayaan yang sangat besar maka PLTS ini akan menanggung sebagian besar daya yang terpasang di Gedung Asrama Putra serta untuk mengurangi beban biaya pemakaian listrik. Tujuan penelitian untuk mengetahui perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk PLTS. Dengan luas atap 899 m<sup>2</sup> dapat diperhitungkan PV area sebesar 148,34 m<sup>2</sup> dengan jumlah panel sebanyak 91 unit. Daya yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 25.811,16 Wp dengan energi yang dihasilkan PLTS sebesar 124.476,15 W serta memakai 1 inverter dengan kapasitas 33000 W. Hasil dari simulasi HOMER Pro dengan memakai panel surya dapat mengurangi pembayaran listrik serta kelebihan energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan atau dijual ke grid PLN. Dapat diajukan usulan kepada pihak terkait di Politeknik Negeri Lhokseumawe untuk PLTS agar dapat membantu memback up energi listrik pada siang hari. Dapat dikembangkan atau ditambah sumber energi listrik selain PV dan Grid PLN. Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan daya yang lebih besar.

**Kata kunci:** *PLTS On-Grid, Panel surya, Grid-tie inverter, Grid PLN, HomerPro*

### I. PENDAHULUAN

Di Aceh sendiri memiliki potensi energi surya sebesar 7.881 MW, namun masih sangat sedikit dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik. Dengan besarnya potensi energi surya yang berada di Aceh, sangat mendukung untuk di bangun pembangkit listrik tenaga surya. Gedung Asrama Putra memiliki daya yang terpasang 82,5 kVA dan beban rata-rata perhari sebesar 223,19 kWh/day. Dengan melihat beban rata-rata perhari 223,19 kWh/day tersebut pasti memiliki pembiayaan yang sangat besar maka PLTS ini akan menanggung sebagian besar daya yang terpasang di Gedung Asrama Putra serta untuk mengurangi beban biaya pemakaian listrik.[1]

### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari yang melalui sel surya untuk mengubah sinar radiasi matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan komponen yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip *fotovoltaik*. [3]

#### B. Potensi Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tiada habisnya. Energi surya adalah jawaban dari masalah-masalah krisis energi dunia serta ramah lingkungan. Potensi energi surya pada suatu wilayah sangat bergantung pada posisi antara matahari dengan kedudukan wilayah tersebut dipermukaan bumi.

Potensi ini akan berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, dan lokasi (garis lintang) serta waktu (hari dalam setahun dan jam dalam sehari). [2]

#### C. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

##### 1. Sistem PLTS *Off Grid*

PLTS *Off Grid* sering disebut juga PLTS Stand Alone artinya sistem hanya disuplai oleh panel surya saja tanpa ada pembangkit jenis lain misalnya PLTD. Sistem tipe ini hanya tergantung pada matahari seutuhnya. Karena panel tidak mungkin mendapatkan sinar matahari terus menerus terutama malam hari, maka 10 sistem ini membutuhkan media penyimpan yaitu baterai.

##### 2. Sistem PLTS *On Grid*

PLTS dengan konfigurasi *On Grid* dimaksudkan untuk lokasi sudah berlistrik dan sistem di lokasi memiliki periode operasi siang hari. Disebut *On Grid* karena 11 PLTS dihubungkan (tied) pada sistem eksisting. Tujuan dari pembangunan PLTS adalah untuk mengurangi konsumsi BBM. PLTS tipe *On Grid* tidak dilengkapi baterai. [4]

##### 3. Sistem PLTS *Hybrid*

PLTS *hybrid* adalah PLTS yang pengoperasiannya digabungkan dengan pembangkit listrik yang sudah ada. Pada sistem ini PLTS diharapkan berkontribusi secara maksimal untuk menyuplai beban pada siang hari, sehingga agar bagian PLTS tidak mengganggu sistem yang ada, maka PLTS harus

dilengkapi dengan baterai sebagai *buffer* atau *stabilizer*.

#### 1. Roof Mounting

- Pada umumnya terbebas dari penghalang
- Atap dapat berfungsi sebagai struktur penopang instalasi panel surya.
- diperlukan untuk mengatasi permasalahan cuaca.
- Layak dan *cost-effective* untuk kapasitas pembangkitan yang kecil

#### 2. Ground Mounting

- Memerlukan bidang tanah yang datar dan stabil
- Memerlukan analisis geoteknik untuk mengetahui stabilitas tanah jangka Panjang.
- Memerlukan tonggak dan balok baja sebagai struktur penopang tambahan
- Dan *cost-effective* untuk kapasitas pembangkitan yang besar

### D. Jenis Panel Surya

#### 1. Monocrystalline Silicon

Sel surya silikon monocrystalline diproduksi menggunakan metode Czochralski, di mana benih kristal silikon ditempatkan ke dalam tong cair silikon murni pada suhu tinggi.

#### 2. Polycrystalline

Sel surya jenis *polycrystalline* adalah sel surya yang memiliki susunan kristal secara acak. *Polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang besar dibandingkan dengan sel surya jenis monocrystalline untuk menghasilkan daya listrik yang sama akan tetapi dapat menghasilkan listrik saat mendung.

#### 3. Thin Film Solar

*Thin Film Solar Cell* teknologi dalam pembuatan sel surya kali ini adalah mengurangi biaya produksi.

### E. Efisiensi Panel Surya

Efisiensi modul surya adalah ukuran seberapa jumlah energi matahari yang dapat diubah oleh modul menjadi listrik yang dapat digunakan. Mengukur efisiensi panel surya berarti panel surya dapat mengubah 20% sinar matahari yang datang menjadi listrik.

### F. Inverter

*Inverter* adalah konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Fungsi dari sebuah *inverter* adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitudo dan 17 frekuensi yang diinginkan. Untuk mengetahui kapasitas *inverter* mana yang sesuai untuk digunakan pada desain, dapat menghitung menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$\frac{\text{Capasitas Inverter} = \text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{(1)}$$

Menentukan jumlah inverter sangat diperlukan agar sesuai dengan kapasitas PLTS yang diinginkan. Menentukan jumlah inverter yang dibutuhkan bisa menggunakan persamaan 2.2 berikut ini:

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{P_{PV \text{ out}}}{\text{kapasitas inverter yang digunakan}} \quad (2)$$

### G. Exim Meteran

Meteran *Exim* adalah mekanisme pelayanan dimana listrik yang dihasilkan oleh tata surya *rooftop* dapat dialirkan ke jaringan distribusi PLN dan digunakan kembali untuk rumah tangga atau industri.

### H. PV Area

Perencanaan PLTS dipengaruhi oleh luas permukaan atap dan PV Area yang dibutuhkan. Jika luas permukaan atap yang tersedia lebih besar dari PV Area yang dibutuhkan, sistem dapat dibangun. Menentukan PV Area dapat melalui persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$PV \text{ Area} = \frac{E_l}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (3)$$

dimana:  $E_l$  = Pemakaian Energi (kWh / hari)  $G_{AV}$  = Intensitas sinar matahari rata-rata (kWh/m<sup>2</sup> /hari)  $\eta_{PV}$  = efisiensi panel surya  $TCF$  = *Temperature Correction Factor*  $\eta_{out}$  = efisiensi keluaran sistem

#### I. Temperature Corecction Factor

*Temperature Correction Factor* adalah faktor yang digunakan untuk mengkompensasi perubahan kinerja panel surya akibat perubahan suhu. Panel surya cenderung memiliki efisiensi yang lebih rendah saat suhu meningkat, dan  $TCF$  digunakan untuk mengkoreksi output daya yang diharapkan dari panel surya berdasarkan suhu aktual. Untuk menghitung *temperature correction factor* dapat melalui persamaan 2.4 berikut ini:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}} \quad (4)$$

### J. Daya yang dibangkitkan PLTS

Menghitung jumlah daya dihasilkan oleh sistem PLTS pada perencanaan PLTS Gedung Asrama Politeknik Negeri Lhokseumawe, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Wp) melalui persamaan 2.5 berikut ini:

$$P_{Wattpeak} = \text{Luas array} \times \text{PSI} \times \eta_{PV} \quad (5)$$

Dimana :  $P_{Wattpeak}$  = Daya yang akan dibangkitkan PLTS (W) Luas array=Luas permukaan panel surya (m<sup>2</sup>) PS = *Peak solar insolation* (1000 W/m<sup>2</sup>)  $\eta_{PV}$ = Efisiensi panel surya (%)

### K. Jumlah Panel Surya

Jumlah panel surya yang dibutuhkan melibatkan beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, termasuk kebutuhan energi listrik harian, efisiensi panel surya, lokasi geografis, sudut kemiringan, dan beberapa faktor lainnya. Untuk menghitung jumlah panel surya dapat menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{Wattpeak}}{P_{MPP}} \quad (6)$$

Dimana :  $P_{wattpeak}$  = Jumlah *wattpeak* yang diperlukan.  $PMPP$  = Maksimal daya dalam satu panel surya.

#### L. Energi Listrik yang dihasilkan

PLTS Setelah diketahui berapa jumlah panel yang dapat terpasang dengan persamaan 2.6. kemudian menghitung energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS melalui persamaan 2.7 berikut ini:

$$E_{out} = E_{in} \times Gav \quad (7)$$

Dimana:  $E_{in}$  = Jumlah Panel  $\times$   $P_{mpp}$  saat naik menjadi  $t$  °C  $Gav$  = Intensitas Radiasi Matahari ( $kWh/hari$ )

#### M. Sudut Kemiringan Panel Surya

Sudut kemiringan optimal untuk panel surya bergantung pada lokasi geografis tempat panel dipasang. Sudut idealnya adalah sudut dimana panel surya menerima radiasi sinar matahari terbesar sepanjang tahun. Untuk mengetahui sudut kemiringan dari panel surya, maka dari itu dapat menggunakan persamaan 2.8 berikut:

$$\alpha = 90^\circ - lat + \delta \text{ (N hemisphere)} \quad (8)$$

Dimana: Lat adalah garis lintang (latitude) lokasi instalasi modul surya (dalam satuan derajat),  $\delta$  adalah sudut deklinasi matahari ( $23,45^\circ$ ), sedangkan sudut yang harus di bentuk oleh modul surya terhadap permukaan bumi ( $\beta$ ) dapat diperoleh dengan:

$$\beta = 90^\circ - \alpha. \quad (9)$$

#### N. Software Homerpro

HomerPro adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi ini dalam setahun untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek.

### III. METODOLOGI

#### A. Metodologi Penelitian

Proses pengumpulan data didasarkan pada kajian literatur, khususnya informasi yang ditemukan dalam publikasi dan artikel online kemudian dibantu oleh pembimbing dalam mengumpulkan data yang relevan dengan kesulitan yang di hadapi saat menyusun skripsi ini:

##### 1. Studi Literatur

Menurut M. Nazir dalam bukunya yang berjudul Metode Penelitian mengemukakan bahwa studi kepustakaan atau studi literatur adalah teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi penelaahan terhadap buku-

buku, literatur-literatur, catatan-catatan, dan laporan-laporan yang ada hubungannya dengan masalah yang dipecahkan.

##### 2. Observasi Lapangan

Metode observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui suatu pengamatan yang disertai dengan adanya berbagai pencatatan terhadap keadaan atau perilaku objek sasaran. Metode observasi ini akan dilakukan pencatatan terhadap ukuran dari objek.

#### B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada atap bangunan dari gedung asrama putra Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan luas bangunan sebesar  $899 \text{ m}^2$  secara astronomis terletak pada  $5^\circ 07' 03''$  LU dan  $97^\circ 09' 26''$  BT dengan nilai radiasi matahari  $4,79 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ .

#### C. Fungsional dan Struktur alat/sistem

##### 1. Panel Surya

Panel surya adalah sebuah alat yang terdiri dari sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Panel surya tersusun dari modul surya yang dirangkai secara seri maupun paralel sesuai dengan kebutuhan daya listrik tertentu

##### 2. Inverter on grid

Inverter adalah konverter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC). Fungsi dari sebuah inverter adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan.

##### 3. Meteran exim

Meteran Exim adalah mekanisme pelayanan dimana listrik yang dihasilkan oleh tata surya rooftop dapat dialirkan ke jaringan distribusi PLN dan digunakan kembali untuk rumah tangga atau industri. Exim meter mengukur kelebihan listrik yang masuk ke jaringan PLN dan juga menghitung konsumsi listrik PLN saat panel surya tidak menghasilkan listrik pada malam hari atau cuaca hujan.

##### 4. Panel combiner box

Pada panel combiner box ditambahkan peralatan pengukuran tegangan dan arus untuk setiap string panel surya dengan tujuan agar daya keluaran panel surya 32 dapat dimonitor setiap jam. Instalasi panel combiner box terdiri dari instalasi fuse/sekring untuk tujuan membatasi arus dari panel surya ke panel combiner box.

#### D. Perhitungan Dimensi dan Spesifikasi

Komponen utama dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya *on grid* adalah panel surya dan inverter. Pilihan komponen PLTS sudah tersedia pada aplikasi Homerpro dan untuk panel surya adalah tipe panel surya dengan tipe *monocrystalline*.

dimana kapasitas nya 285 Wp. Untuk spesifikasi panel surya dan inverter dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

TABEL I  
Spesifikasi Panel Surya

| CS6K-285M-T4 by Canadian Solar |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Rated Power (Pmax)             | 285 W           |
| Modul Type                     | Monocrystalline |
| Max. Power Voltage (Vmpp)      | 31,7            |
| Max. Power Current (Impp)      | 8,98            |
| Max. sistem voltage            | 1000            |
| Dimension                      | 1650mm x 992mm  |
| Open circuit Voltage (Voc)     | 38.6 V          |
| Efficiency                     | 17,4%           |

TABEL II  
Spesifikasi Grid Tie Inverter

| STP 33-US-41 by SMA America |               |
|-----------------------------|---------------|
| Maximum system voltage      | 1000 V        |
| Modul Type                  | STP 33-US-41  |
| Maximum Output Current      | 40 A          |
| Efficiency                  | 97,5%         |
| AC Voltage Range            | 244 V- 305 V  |
| Waveform                    | Pure Sinewave |

#### E. Metode Simulasi

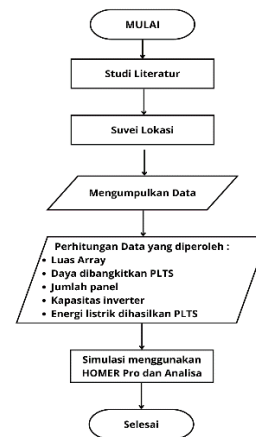
Pada penelitian ini, kinerja sistem PLTS disimulasikan menggunakan software HomePro. Data meteorologi, yaitu radiasi, suhu, curah hujan, dan kecepatan angin, diperoleh dari data NASA dengan resolusi data tertentu. Rancangan sistem PV yang ditentukan pada perhitungan sebelumnya dimasukkan ke dalam software HomerPro bersama dengan data dari NASA. Hasil simulasi yang ingin diperoleh adalah hasil energi tahunan serta biaya ekonomis dari PLTS.

#### F. Metode Analisa

Metode analisa yang digunakan dalam perencanaan PLTS On-grid pada Gedung Asrama Putra adalah analisis ekonomi. Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui nilai-nilai ekonomis yang terkandung dalam suatu rencana kegiatan teknik. Dalam hal ini, perlu dilakukan analisa dari segi ekonomis terhadap suatu perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk skala gedung asrama putra. Analisa tersebut dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi Homerpro.

#### G. Flowchart

Adapun tahapan penelitian atau langkah-langkah penelitian dapat pada diagram alir (*flow-chart*) seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gbr 1 Flowchart

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Data Potensi Energi Surya

Data potensi energi surya dan iklim wilayah Blang Mangat, Lhokseumawe sepanjang bulan Mei 2024 diperoleh dari data iklim yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG) Stasiun Meteorologi Malikussaleh. Suhu tertinggi pada bulan Mei 2024 berada pada suhu 35,3°C .

### B. Kebutuhan Energi Asrama Putra

Kebutuhan energi siang hari pada gedung asrama didapatkan dengan cara survey kebutuhan daya dari setiap komponen listrik dan menghitung energi yang dipakai pada siang hari, gedung asrama putra terdapat 3 lantai yang bisa dilihat pada tabel 3.

TABEL III  
Data Beban Survei Lapangan

| Lantai 1           |         |           |            |                |                      |
|--------------------|---------|-----------|------------|----------------|----------------------|
| Peralatan          | Daya(W) | Kuantitas | Total Daya | Lama Pemakaian | Konsumsi Energi(W h) |
| Kipas Angin        | 25      | 24        | 600        | 6              | 3600                 |
| Rice Cooker        | 100     | 19        | 1900       | 1              | 1900                 |
| Kipas Angin Arashi | 12      | 8         | 96         | 6              | 576                  |
| Stop kontak        | 150     | 16        | 2400       | 12             | 28.8                 |
| Lantai 2           |         |           |            |                |                      |
| Kipas Angin        | 25      | 50        | 1000       | 6              | 7.5                  |
| Rice Cooker        | 100     | 23        | 2300       | 1              | 2.3                  |
| Stop kontak        | 150     | 16        | 2400       | 12             | 28.8                 |
| Lantai 3           |         |           |            |                |                      |
| Rice Cooker        | 100     | 18        | 1800       | 1              | 1800                 |

|             |     |    |            |            |      |
|-------------|-----|----|------------|------------|------|
| Kipas Angin | 25  | 40 | 1000       | 6          | 6    |
| Stop kontak | 150 | 16 | 2400       | 12         | 28.8 |
| Total       |     |    | 15.89<br>6 | 110.076 Wh |      |

### C. Perhitungan Teknis

#### 1. Luas Area Panel Surya

Data temperature maksimum untuk wilayah Masjid Puentet pada bulan Mei tahun 2024 adalah sebesar 35.3°C (dapat dilihat pada tabel 4.2). Data temperatur ini menunjukkan kenaikan suhu sebesar 10.3°C dari suhu standar panel surya yang sebesar 25°C yang diperlukan untuk kinerja maksimal panel surya.

Daya yang berkurang pada saat temperature sekitar panel surya mengalami kenaikan 10.3°C dari temperature standarnya dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P \text{ saat naik } 10.3^\circ\text{C} &= 0.5\% \times P_{\text{mpp}} \times \text{Kenaikan temperature } (^\circ\text{C}) \\
 &= 0.5\% \times 285 \text{ W} \times 10.3^\circ\text{C} \\
 &= 14.67 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperature maksimal 35.3°C dapat dihitung seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mpp}} \text{ saat naik menjadi } 35.3^\circ\text{C} &= P_{\text{mpp}} - P \text{ saat t naik } ^\circ\text{C} \\
 &= 285 \text{ W} - 14.67 \text{ W} \\
 &= 270.33 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35,3 °C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan persamaan (2.4) berikut ini:

$$\begin{aligned}
 TCF &= \frac{P_{\text{MPP}} \text{ saat naik menjadi } t^\circ\text{C}}{P_{\text{MPP}}} \\
 &= \frac{270.33}{285} \\
 &= 0.948
 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung PV Area, dengan menggunakan persamaan (2.3) berikut ini:

$$E_L = 110.07$$

kWh/hari

$$G_{AV} = 5.06 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$$

$$\eta_{PV} = 0.174$$

$$TCF = 0.948$$

$$\eta_{OUT} = 0.89$$

$$\begin{aligned}
 PV \text{ AREA} &= \frac{EL}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{OUT}} \\
 &= \frac{110.07 \text{ kWh/hari}}{5.06 \times 0.174 \times 0.948 \times 0.89} \\
 &= \frac{110.07 \text{ kWh/hari}}{0.742} \\
 &= 148.34 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### 2. Daya yang dibangkitkan PLTS

Dengan luas array 148,34 m<sup>2</sup>, peak insulation panel surya sebesar 1000 W/m<sup>2</sup> dan

efisiensi panel surya 17,4%, maka besar daya dibangkitkan PLTS (Watt peak) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{watt peak}} &= PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} \\
 &= 148.34 \times 1000 \times 0.174 \\
 &= 25.811,16 \text{ WattPeak}
 \end{aligned}$$

### 3. Jumlah Panel Surya

Panel surya yang digunakan adalah panel surya yang memiliki  $P_{\text{MPP}}$  sebesar 285 Wp per panel sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}} \\
 &= \frac{25.811,16}{285} \\
 &= 90.56 \approx 91 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Panel surya akan dihubungkan 4 secara seri dan 23 unit dihubungkan secara Paralel, untuk tipe panel surya yang digunakan adalah tipe monocrystalline dengan  $V_{\text{mpp}}$ : 31,7, dan  $I_{\text{mpp}}$ : 8,98 yang dapat diperhitungkan sebagai berikut: Tegangan maksimum disetiap arraynya:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{mpp}} &= V_{\text{mp}} \times \text{Jumlah seri} \\
 &= 31,7 \text{ V} \times 4 \\
 &= 126,8 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Arus maksimum disetiap arraynya:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{mpp}} &= I_{\text{mp}} \times \text{Jumlah Paralel} \\
 &= 8,98 \text{ A} \times 23 \\
 &= 206,54 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Daya maksimal yang dihasilkan panel surya setiap arraynya adalah :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mpp array}} &= V_{\text{mpp}} \times I_{\text{mpp}} \\
 &= 126,8 \times 206,54 \\
 &= 26.189,72 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Panel surya memiliki spesifikasi panjang x lebar yaitu 1,65m x 0,992 = 1,636 m<sup>2</sup> maka luas PV area 91unit sebesar 1,63 x 91 = 148,33 m<sup>2</sup>, dan menghasilkan 23 rangkaian seri dan 4 paralel. Berdasarkan perhitungan diatas, maka tata letak panel surya pada rangkaian array PLTS terletak pada bangunan gedung asrama putra yang dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Pada gambar dibawah dapat dilihat susunan panel surya dalam tata rangkaian.



Gbr 2 Rangkaian Array

### 4. Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter ditentukan oleh demand watt yang ditentukan dikarenakan pada perencanaan gedung asrama putra memiliki batas maksimal daya sebesar VA, dapat dihitung sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{capacity inverter} &= \text{demand watt} \times \text{safety factor}
 \end{aligned}$$

$$= 26.189,72 \times 1,25$$

$$= 32.737,15 \text{ Watt}$$

Jadi kapasitas inverter untuk panel surya yang dapat digunakan adalah sebesar 33.000 watt.

### 5. Energi yang dihasilkan PLTS

Produksi energi panel surya dipengaruhi oleh data intensitas matahari. Saat merencanakan PLTS On Grid, intensitas harian paling rendah digunakan adalah 5,06 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Nilai energi PLTS dalam satu hari dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{out} = E_{in} \times G_{av}$$

$$E_{in} = \text{Jumlah panel} \times P_{mpp} \text{ saat naik menjadi } ^\circ\text{C}$$

$$= 91 \times 270,33 \text{ W}$$

$$= 24.600,03 \text{ Watt}$$

$$E_{out} = 24.600,03 \times 5,06$$

$$= 124.476,15 \text{ Watt}$$

### 6. Sudut Kemiringan Panel Surya

Posisi kemiringan panel sangat mempengaruhi kinerja dari panel surya. lintang geografis digunakan untuk menentukan elevasi maksimum dan minimum pada lokasi tersebut. Kemudian, berdasarkan data tersebut, dipilihlah sudut kemiringan yang dapat mengoptimalkan penyerapan sinar matahari sepanjang tahun. Orientasi dan iklim panel surya pada gedung asrama putra adalah 5°07'03" LU dan 97°09'26"BT. Untuk mendapatkan sudut yang optimal panel surya dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat } \delta \text{ (N Hemisphere)}$$

$$\alpha = 90^\circ + 5,07^\circ - 23,45^\circ$$

$$\alpha = 71,62^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - 71,62^\circ$$

$$\beta = 18,38^\circ$$

$\alpha$  : ketinggian sudut matahari (elevasi)

$\beta$  : ketinggian sudut yang harus dibentuk oleh panel surya terhadap permukaan bumi

lat : garis lintang (latitude)

$\delta$  : sudut deklinasi matahari (23.45°)

Jadi sudut kemiringan panel surya maksimum ialah sebesar 18.33°, untuk sudut azimuth panel surya menghadap utara sebesar 0°. Kemudian untuk orientasi panel surya pada arah pandangan posisi panel surya terhadap matahari. Orientasi yang tepat akan memaksimalkan penerimaan energi matahari oleh panel surya, untuk panjang panel surya ialah 198,4 cm.

$$\cos 18^\circ = \frac{AB}{AC}$$

$$AB = 0,95 \times 198,4 \text{ cm}$$

$$AB = 188,4 \text{ cm}$$

Setelah memperoleh nilai BC, yaitu titik dasar dudukan dengan ujung panelsurya. Kemudian mencari nilai AB untuk memperoleh nilai panjang dudukan panel surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

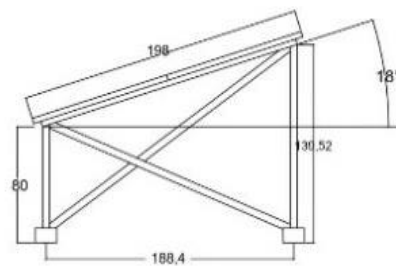
$$\sin \alpha = \frac{BC}{AC}$$

$$BC = \sin 18^\circ \times AC$$

$$= 0,30 \times 198,4 \text{ cm}$$

$$= 59,52 \text{ cm}$$

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan di atas, panjang dudukan area panel surya ialah "188,4" cm. Dengan tinggi dudukan panel surya "80"cm sehingga pada gambar 4.2 di bawah adalah dudukan panel surya:



Gbr 3  
Dudukan Panel Surya

### D. Hasil Simulasi

Konfigurasi yang paling optimal adalah konfigurasi yang memiliki NPC terendah yaitu Rp. 2.648.071.000. Nilai NPC dari sistem PLTS dengan suku bunga 0% karena berasal dari dana hibah, nilai investasi sebesar Rp. 288.650.000 dan memiliki nilai operating cost sebesar Rp.82.246.660/year serta nilai COE sebesar Rp. 1.180/kWh.

| Optimization Results |         |           |         |         |         |           |           |      |      |             |           |
|----------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|------|------|-------------|-----------|
| CS6K-285M            | Grid    | Converter | MPPT    | Cost    | System  | CS6K-285M | Converter | MPPT | Cost | System      | CS6K-285M |
| 127                  | 995.981 | 12.3      | CC      | Rp1.613 | Rp1.181 | Rp482.2M  | Rp200M    | 39.7 | 0    | 286.548.096 | 48.120    |
| 995.981              | CC      | Rp1.338   | Rp1.544 | Rp1.22M | Rp200M  | 0         | 0         |      |      |             |           |

Gbr 4 Hasil Simulasi

| Quantity         | Value  | Units  | Quantity           | Value | Units  |
|------------------|--------|--------|--------------------|-------|--------|
| Rated Capacity   | 32.7   | kW     | Minimum Output     | 0     | kW     |
| Mean Output      | 5.61   | kW     | Maximum Output     | 30.1  | kW     |
| Mean Output      | 135    | kWh/d  | PV Penetration     | 60.3  | %      |
| Capacity Factor  | 17.2   | %      | Hours of Operation | 4,459 | hrs/yr |
| Total Production | 49,120 | kWh/yr | Levelized Cost     | 233   | Rp/kWh |

Gbr 5 Output Panel Surya

Dapat dilihat bahwa panel surya dapat menghasilkan energi sebesar 49.120 kWh dalam 1 tahun dan rata-rata 135 kWh/hari. Kapasitas nominal panel surya bernilai 32,7 kW dengan maksimal output sebesar 30,1 kW, dan rata-rata keluaran dayanya bernilai 5,61 kW. Capacity factor adalah persentase rata-rata keluaran daya dengan kapasitas nominal, dan bernilai 17,2%.

| Quantity        | Inverter | Rectifier | Units |
|-----------------|----------|-----------|-------|
| Capacity        | 12.3     | 12.3      | kW    |
| Mean Output     | 4.07     | 0         | kW    |
| Minimum Output  | 0        | 0         | kW    |
| Maximum Output  | 12.3     | 0         | kW    |
| Capacity Factor | 33.2     | 0         | %     |

Gbr 5 Sistem konverter

Dengan kapasitas inverter 33 kW menghasilkan daya keluaran rata-rata sebesar 4,07 kW dan keluaran daya maksimum sebesar 12,3 kW. Capacity factor adalah persentase antara keluaran rata-rata dibagi dengan kapasitas total inverter, Pada inverter tersebut memiliki nilai faktor kapasitas sebesar 33,2 % sedangkan jumlah daya yang masuk ke inverter sebesar 37.520 kWh/tahun, dan daya yang keluar dari inverter sebesar 35.644 kWh/tahun. Sehingga inverter memiliki rugi-rugi daya atau losses sebesar 1.876 kWh/tahun.

### E. Analisa

Berdasarkan pada gambar 6, dapat dilihat beberapa bagian sebagai berikut:

1. Energi yang dihasilkan oleh panel surya mampu mengurangi pembelian listrik dari grid PLN
2. Bahwa produksi energi listrik dari panel surya sebesar 49.120 kWh/tahun atau 47,6% dan produksi energi dari grid sebesar 54.072 kWh/tahun atau 52,4% sehingga total produksi energi listrik sebesar 103,192 kWh/tahun
3. Jumlah energi yang digunakan untuk melayani beban primer AC sebesar 81,464 kWh/tahun dengan efisiensi 90,8% sedangkan jumlah total energi listrik yang dijual ke jaringan PLN selama setahun sebesar 8.251 kWh/tahun dengan efisiensi 9,20%. Jadi jumlah beban listrik yang dilayani sepanjang tahun sebesar 89.715 kWh

| Cost Summary                         | Cash Flow | Compare Economics | Electrical | Renewable Penetration | CanadianSolar Quintech CS5K-285M | Grid | System Converter | Emissions |
|--------------------------------------|-----------|-------------------|------------|-----------------------|----------------------------------|------|------------------|-----------|
| Production                           |           |                   | kWh/yr     | %                     |                                  |      |                  |           |
| CanadianSolar Quintech CS5K-285M     | 49,120    | 47.6              |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Grid Purchases                       | 54,072    | 52.4              |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Total                                | 103,192   | 100               |            |                       |                                  |      |                  |           |
| <div> <div></div> <div></div> </div> |           |                   |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Consumption                          |           |                   | kWh/yr     | %                     |                                  |      |                  |           |
| AC Primary Load                      | 81,464    | 90.8              |            |                       |                                  |      |                  |           |
| DC Primary Load                      | 0         | 0                 |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Deferrable Load                      | 0         | 0                 |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Grid Sales                           | 8,251     | 9.20              |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Total                                | 89,715    | 100               |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Quantity                             |           |                   | kWh/yr     | %                     |                                  |      |                  |           |
| Excess Electricity                   | 11,601    | 11.2              |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Unmet Electric Load                  | 0         | 0                 |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Capacity Shortage                    | 0         | 0                 |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Quantity                             |           |                   | Value      | Units                 |                                  |      |                  |           |
| Renewable Fraction                   | 39.7      | %                 |            |                       |                                  |      |                  |           |
| Max. Renew. Penetration              | 246       | %                 |            |                       |                                  |      |                  |           |

Gbr 6 Hasil Produksi Listrik

| Month     | Energy Purchased (kWh) | Energy Sold (kWh) | Net Energy Purchased (kWh) | Peak Load (kW) | Energy Charge Rp | Demand Charge Rp |
|-----------|------------------------|-------------------|----------------------------|----------------|------------------|------------------|
| January   | 4,612                  | 755               | 3,858                      | 18             | Rp6,766,254.27   | Rp0              |
| February  | 3,905                  | 769               | 3,136                      | 17             | Rp5,727,906.97   | Rp0              |
| March     | 4,570                  | 699               | 3,871                      | 18             | Rp6,704,203.04   | Rp0              |
| April     | 4,371                  | 748               | 3,623                      | 18             | Rp6,412,553.24   | Rp0              |
| May       | 4,406                  | 767               | 3,638                      | 17             | Rp6,463,427.43   | Rp0              |
| June      | 4,455                  | 702               | 3,753                      | 17             | Rp6,535,210.41   | Rp0              |
| July      | 4,465                  | 738               | 3,727                      | 17             | Rp6,550,479.67   | Rp0              |
| August    | 4,740                  | 635               | 4,105                      | 17             | Rp6,953,159.52   | Rp0              |
| September | 4,574                  | 594               | 3,980                      | 16             | Rp6,709,592.25   | Rp0              |
| October   | 4,562                  | 656               | 3,906                      | 15             | Rp6,692,606.62   | Rp0              |
| November  | 4,580                  | 586               | 3,994                      | 16             | Rp6,719,551.04   | Rp0              |
| December  | 4,832                  | 602               | 4,229                      | 16             | Rp7,088,098.82   | Rp0              |
| Annual    | 54,072                 | 8,251             | 45,821                     | 18             | Rp79,323,043.28  | Rp0              |

Gbr 7 Hasil PV Grid PLN

Bahwa energi yang dibeli (*Energy purchased*) dari PLN sebesar 54.072 kWh/tahun sedangkan energi yang dijual (*Energy sold*) ke PLN sebesar 8.251 kWh/tahun sehingga sistem energi yang dipakai jika menggunakan PV sebesar 45.821 kWh/tahun. Net Purchased bernilai positif apabila total pembelian daya melebihi total penjualan daya, dan bernilai negatif apabila total penjualan daya melebihi pembelian daya.

| Component                        | Capital (Rp)     | Replacement (Rp) | O&M (Rp)           | Fuel (Rp) | Salvage (Rp) | Total (Rp)         |
|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|
| CanadianSolar Quintech CS6K-285M | Rp286,549,707.60 | Rp0.00           | Rp0.00             | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp286,549,707.60   |
| Grid                             | Rp0.00           | Rp0.00           | Rp1,983,076,082.02 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp1,983,076,082.02 |
| Other                            | Rp288,650,000.00 | Rp0.00           | Rp72,162,500.00    | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp360,812,500.00   |
| System Converter                 | Rp16,704,545.45  | Rp0.00           | Rp928,030.30       | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp17,632,575.76    |
| System                           | Rp591,904,253.06 | Rp0.00           | Rp2,056,166,612.32 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp2,648,070,865.38 |

### Gbr 8 Hasil Cost Summary

Pada konfigurasi tersebut memiliki modal awal bernilai Rp. 591.904.253 O&M bernilai Rp.2.056.166.612 Nilai NPC didapatkan persamaan berikut ini:

$$C_{NPC} = C_{Capital} + C_{Replacement} + C_{O\&M} + C_{Salvage}$$

$$C_{NPC} = Rp. 591.904.253 + Rp. 0$$

$$+ Rp. 2.056.166.612 + Rp. 0$$

$$C_{NPC} = Rp. 2.648.070.865$$

| Component                        | Capital (Rp)    | Replacement (Rp) | O&M (Rp)        | Fuel (Rp) | Salvage (Rp) | Total (Rp)       |
|----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------|--------------|------------------|
| CanadianSolar Quintech CS6K-285M | Rp11,461,988.30 | Rp0.00           | Rp0.00          | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp11,461,988.30  |
| Grid                             | Rp0.00          | Rp0.00           | Rp79,323,043.28 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp79,323,043.28  |
| Other                            | Rp11,546,000.00 | Rp0.00           | Rp2,886,500.00  | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp14,432,500.00  |
| System Converter                 | Rp668,181.82    | Rp0.00           | Rp37,121.21     | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp705,303.03     |
| System                           | Rp23,676,170.12 | Rp0.00           | Rp82,246,664.49 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp105,922,834.62 |

Gbr 9 Biava O&amp;M

Dapat dilihat pada gambar 9 biaya O&M bernilai Rp. 82.246.664/tahun. Nilai ini didapatkan dari penjumlahan biaya O&M dari seluruh komponen.

| Component | Capital (Rp)     | Replacement (Rp) | O&M (Rp)           | Fuel (Rp) | Salvage (Rp) | Total (Rp)         |
|-----------|------------------|------------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|
| Grid      | Rp0.00           | Rp0.00           | Rp2,987,705,036.25 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp2,987,705,036.25 |
| Other     | Rp288,650,000.00 | Rp0.00           | Rp72,162,500.00    | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp360,812,500.00   |
| System    | Rp288,650,000.00 | Rp0.00           | Rp3,059,867,536.25 | Rp0.00    | Rp0.00       | Rp3,348,517,536.25 |

Gbr 10 Hasil Cos Sumari

Untuk mengetahui hasil simulasi grid dapat dilihat pada gambar 4.3, diketahui nilai NPC pada grid sebesar Rp.3.348.517.536.25, nilai COE sebesar Rp. 1.644/kWh sedangkan nilai biaya operasi sebesar Rp. 122.394.700.

| Month     | Energy Purchased (kWh) | Energy Sold (kWh) | Net Energy Purchased (kWh) | Peak Load (kW) | Energy Charge Rp | Demand Charge Rp |
|-----------|------------------------|-------------------|----------------------------|----------------|------------------|------------------|
| January   | 6,873                  | 0                 | 6,873                      | 18             | Rp10,083,103.15  | Rp0              |
| February  | 6,064                  | 0                 | 6,064                      | 17             | Rp8,896,027.41   | Rp0              |
| March     | 7,091                  | 0                 | 7,091                      | 18             | Rp10,403,123.94  | Rp0              |
| April     | 6,733                  | 0                 | 6,733                      | 18             | Rp9,876,620.39   | Rp0              |
| May       | 6,774                  | 0                 | 6,774                      | 17             | Rp9,936,894.31   | Rp0              |
| June      | 6,786                  | 0                 | 6,786                      | 17             | Rp9,955,483.13   | Rp0              |
| July      | 6,845                  | 0                 | 6,845                      | 17             | Rp10,042,147.64  | Rp0              |
| August    | 7,149                  | 0                 | 7,149                      | 17             | Rp10,487,453.88  | Rp0              |
| September | 6,769                  | 0                 | 6,769                      | 16             | Rp9,929,647.67   | Rp0              |
| October   | 6,865                  | 0                 | 6,865                      | 15             | Rp10,070,521.92  | Rp0              |
| November  | 6,574                  | 0                 | 6,574                      | 16             | Rp9,644,118.45   | Rp0              |
| December  | 6,941                  | 0                 | 6,941                      | 16             | Rp10,183,059.56  | Rp0              |
| Annual    | 81,464                 | 0                 | 81,464                     | 18             | Rp119,508,201.45 | Rp0              |

Gbr 11 Hasil Grid PLN

Merupakan hasil simulasi dari HOMER, gambar 11 menunjukkan angka Energi yang dibeli (Energy Purchased), Energi yang terjual (Energy Sold), Net Purchases, Peak Demand, Energy Charge dan Demand Charge. Total energi listrik yang dihasilkan oleh grid dan disuplai ke beban adalah sebesar 81,464 kWh/Tahun dengan energy charge Rp. 119.508.201/Tahun sesuai dengan nilai operasi. Dapat dilihat pada kolom energy sold bernilai 0. Hal ini dikarenakan tidak adanya energi listrik yang dapat dijual kembali ke grid, serta tidak adanya sumber energi lain selain grid yang menghasilkan energi listrik.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan PLTS di Gedung Asrama Putra, maka didapatkan hasil sebagai berikut ini:

1. Dengan luas atap 899 m<sup>2</sup> dapat diperhitungkan PV area sebesar 148,34 m<sup>2</sup> dengan jumlah panel sebanyak 91 unit
2. Daya yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 25.811,16 Wp dengan energi yang dihasilkan

PLTS sebesar 124.476,15 W serta memakai 1 inverter dengan kapasitas 33000 W

3. Hasil dari simulasi *HOMER Pro* dengan memakai panel surya dapat mengurangi pembayaran listrik serta kelebihan energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan atau dijual ke jaringan PLN.

## REFERENSI

- [1] Alkholish, M. C. (2023). **Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Dengan Sistem On-Grid Di Cv. Qirana Meubel Jepara** (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- [2] Darno, Yahnones M. Simanjutak, M. T. (2017). **Studi Perencanaan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts)**. Jurnal Untan, 1(1), 1.
- [3] Atina, A., & Prasetyo, H. (2022). **Pengamatan Lamanya Peninaran Matahari di BMKG Kelas II Kota Palembang Menggunakan Alat Campbell Stokes**. Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER), 3(2),
- [4] Harmiansyah, H., Prastyo, A., Rohman, I. F., & ... (2024). **Perancangan Sistem PLTS on Grid pada Asrama Mahasiswa TB 2 Institut Teknologi Sumatera Menggunakan Software PVSyst. ... Mekanikal, Inovasi Dan ...**, October 2023.