STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBARUKAN TENAGA *HYBRID*

(Studi kasus : Desa Gadingsari, Dusun Wonoroto, Bantul)

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Ibnu Razak

12524069

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2019

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBARUKAN TENAGA *HYBRID*

(Studi kasus : Desa Gadingsari, Dusun Wonoroto, Bantul)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Ibnu Razak
12524069

Yogyakarta, 14 Januari 2019

Menyetujui,

Pembimbing 1

Husein Mubarok, ST., M.Eng
155241305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI TERBARUKAN TENAGA *HYBRID*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Ibnu Razak

12524069

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 25 Januari 2019

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarok, S.T.,M.Eng,

Anggota Penguji 1: Wahyudi Budi Pramono,S.T.,M.Eng,

Anggota Penguji 2: Yusuf Aziz Amrullah, S.T.,M.Sc.,Ph.D,

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 25 Januari 2019

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrullah, S.T.,M.Sc.,Ph.D

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 14 Januari 2019



Ibnu Razak

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur atas kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan rahmad dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Energi terbarukan Tenaga *Hybrid*"sesuai waktu yang telah ditentukan. Selain itu, salawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing manusia keluar dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang seperti yang kita rasakan sekarang ini.

Rasa syukur yang begitu besar penulis sampaikan atas selesainya tugas akhir ini yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar strata 1 (S1). Semoga kedepannya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca. Banyak kesan maupun duka dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Terima kasih kepada semua pihak terutama untuk:

1. Kedua orang tua dan kedua saudara yang selalu mendoakan dan mendukung penulis baik secara materil maupun moril sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Husein Mubarok S.T.,M.Eng yang selalu membimbing penulis dan memberikan motivasi serta masukan-masukan yang berguna dalam penyelesaian Skripsi ini.
3. Seluruh jajaran dosen Teknik Elektro UII yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama melaksanakan perkuliahan.
4. Keluarga besar warning yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangan sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pembaca dan penggunanya.

Yogyakarta, 14 Januari 2019

Penulis

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
kWh	*Kilo watt hour*
COE	*Cost of energy*
Rp	Rupiah
RP	*Renewable Penetration*
NPC	*Net Present Cost*
AC	*Annualized Cost*
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PV	*Photovoltaic*
WT	*Wind Turbine*
O&M	*Operasional dan Maintenance*
V	*Volt*
HOMER	*Hibrid Optimisazion Model for Electric Renewable*
kW	*Kilo Watt*
PLTH	Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid
P	Daya
ρ	Massa jenis angin
D	Diameter turbin angin
A	Luas penampang turbin
V	Kecepatan tiupan angin
H	*High*
NASA	*National Aeronautics and Space Administration*

ABSTRAK

Penggunaan energi listrik dari tahun ke tahun semakin besar seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, industry, dan lain-lain. Perusahaan listrik Negara (PLN) sebagai penyedia utama jaringan energi listrik harus memiliki cadangan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat yang semakin besar. Penelitian ini bertujuan sebagai penyedia cadangan kebutuhan energi listrik masyarakat yang bersumber dari energi terbarukan. Dalam perencanaan ini digunakan *software* HOMER untuk mendesain system pembangkit listrik energi terbarukan yang berasal dari angin dan panas matahari. *Software* HOMER berfungsi untuk mengoptimalkan ukuran jenis pembangkit terutama komponen penyusun pembangkit listrik tenaga *hybrid* sehingga diperoleh pembangkit listrik yang lebih ekonomis sebagai penyedia cadangan energi listrik. Hasil energi listrik yang dihasilkan dari desain system pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) sebesar 221.866 kWh. *Renewable penetration* komponen dalam menghasilkan energi listrik sebesar 84% dari total energi listrik yang dihasilkan. *Cost of* energi (COE) yang dikeluarkan per 1 kWh sebesar Rp.980,45/kWh dan total biaya awal (NPC) dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) sebesar Rp.2.789.010.000. Sedangkan *annualized cost* (biaya tahunan) perawatan komponen pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) yang dikeluarkan dalam setahun sebesar Rp.215.742.140.

Kata kunci : HOMER, masyarakat, PLN, NPC, COE, *Annualized cost*, *Renewable penetration*, total produksi energi listrik.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN v
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Studi Literatur 3
2.2 Tinjauan Teori 4
2.2.1 HOMER 4
2.2.2 Komponen HOMER 5
2.2.3 *Net present cost* (NPC) 6
2.2.4 Total Produksi Energi 7
2.2.5 *Annualized cost* (AC) 7
2.2.6 *Cost of* Energi (COE) 7
2.2.7 *Renewable penetration* (RP) 8
2.2.8 Pembangkit Sistem *Hybrid* 8

2.2.9 Turbin Angin 9
2.2.10 *Photovoltaic* (PV) 10
2.2.11 *Payback Period* 11
BAB 3 METODOLOGI 12
3.1 Diagram Alir 12
3.1.1 Mengumpulkan Data 12
3.1.2 Mengolah Data 12
3.1.3 Simulasi HOMER 12
3.1.4 Hasil dan Analisis 13
3.2 Desain Sistem 13
3.2.1 Grid 14
3.2.2 *Solar cell* 14
3.2.3 Baterai 15
3.2.4 Konverter 15
3.2.5 Turbin Angin 16
3.3 Kecepatan Angin 17
3.4 Radiasi Matahari 18
3.5 Data Beban 19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Pengaruh Parameter Terhadap Desain Sistem *Hybrid* 21
4.2 Hasil optimasi desain skematik pembangkit listrik tenaga *hybrid* 21
4.3 Hasil optimasi ringkasan listrik PLTH 21
4.3.1 Produksi energi listrik turbin angin (per bulan dan per hari) 21
4.3.2 Produksi energi listrik *solar cell* (per bulan dan per hari) 23
4.3.3 Total produksi energi 24
4.3.4 *Net present cost* (NPC) 24
4.3.5 *Annualized cost* (AC) 25
4.3.6 *Cost of* energi (COE) 26

4.3.7 *Renewable penetration* 26
4.4 Sektor penggunaan energi listrik dari sistem PLTH 27
4.5 *Payback period* 27
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 28
5.1 Kesimpulan 28
5.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 13
Gambar 3.2 Desain skematik sistem PLTH 13
Gambar 3.3 Jendela pengatur grid PLN 14
Gambar 3.4 Jendela pengaturan *solar cell* 14
Gambar 3.5 Jendela pengaturan baterai 15
Gambar 3.6 Jendela pengaturan konverter 15
Gambar 3.7 Jendela pengaturan turbin angin 16
Gambar 3.8 Jendela pengaturan kecepatn angin 17
Gambar 3.9 Jendela pengaturan temperatur udara…… ..... ….18
Gambar 3.10 Jendela pengaturan radiasi matahari 18
Gambar 3.11 Jendela pengaturan beban 19
Gambar 3.12 Jendela pengaturan beban per jam dalam setahun 20
Gambar 4.1 Tampilan optimasi desain skematik sistem PLTH 21
Gambar 4.2 Grafik energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan dalam setahun 22
Gambar 4.3 Grafik harian energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan dalam setahun .. 22
Gambar 4.4 Grafik energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dalam setahun 23
Gambar 4.5 Grafik harian energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dalam setahun 23
Gambar 4.6 Hasil pembagian biaya *net present cost* 25
Gambar 4.7 Pembagian biaya tahunan komponen 25
Gambar 4.8 Matrik *renewable penetration* 27

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kecepatan tiupan angin per bulan 17
Tabel 3.2 Radiasi matahari per bulan……. ..... ….19
Tabel 4.1 Total produksi energi listrik 24
Tabel 4.2 Energi listrik yang dihasilkan dari komponen energi terbarukan…… ..... ….26

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi listrik dari tahun ke tahun semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena jumlah penduduk dari tahun ke tahun semakin bertambah sehingga penggunaan energi listrik yang di konsumsi oleh masyarakat semakin besar. Untuk mencukupi penggunaan energi listrik yang semakin bertambah diperlukan referensi baru dalam menyediakan energi listrik terutama sumber energi yang berasal dari alam karena untuk sekarang ini sebagai besar energi listrik yang dihasilkan berasal dari bahan bakar fosil. Dimana, dalam penggunaan bahan bakar fosil akan mengakibatkan dampak yang buruk bagi lingkungan dan jumlah bahan bakar fosil sangat terbatas dan akan habis jika sering digunakan. Untuk itu, masyarakat dituntut agar menemukan sumber-sumber energi yang tidak terbatas dan bersifat ramah lingkungan.

Energi terbarukan merupakan sebuah energi yang berasal dari alam dan jumlahnya tidak terbatas. Selain itu, dalam penggunaannya energi terbarukan sangat ramah terhadap lingkungan. Ada beberapa jenis energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik yaitu air, angin, cahaya matahari, gelombang laut, biomassa dan lain-lain[1].

Pada penelitian ini, penulis akan merancang sebuah sistem pembangkit *hybrid* tenaga bayu dan surya yang akan dimanfaatkan sebagai penyedia cadangan energi listrik masyarakat. Tetapi, dalam proses perancangan pembangkit ini ada beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain kecepatan angin dan panas udara. Faktor inilah yang paling utama dalam menentukan lokasi pembangkit ini ditempatkan. Untuk itu diperlukan studi terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi alam dimana pembangkit listrik ini akan ditempatkan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui apakah pembangkit listrik ini efektif jika ditempatkan dilokasi yang menjadi objek penelitian.

Perancangan sistem *hybrid* pada penelitian ini menggunakan *software* HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*). *Software* ini mampu mendesain sistem dan mensimulasikan sistem serta menentukan konfigurasi sistem terbaik. Selain itu, *software* ini mampu melakukan perhitungan matematis mengenai biaya-biaya yang akan dikeluarkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh parameter (kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, dan data beban konsumsi energi listrik masyarakat) terhadap hasil optimasi desain sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH)?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis PLTH yang digunakan yaitu PLTH yang bersumber dari energi angin dan panas matahari.
2. Menggunakan *software* HOMER untuk mendesain skematik sistem PLTH.
3. Tidak membahas tentang perhitungan konstuksi bangunan pembangkit.
4. Perhitungan yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan hasil dari perhitungan *software* HOMER.
5. Tidak membahas rangkaian kontrol yang digunakan dalam desain sistem.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh parameter (kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, dan data beban konsumsi energi listrik masyarakat) terhadap hasil optimasi desain sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai referensi dalam proses perencanaan layak atau tidaknya pemasangan pembangkit listrik tenaga *hybrid* di pesisir pantai Bantul.
2. Sebagai cadangan penyedia kebutuhan energi listrik masyarakat.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang optimal agar dapat mengurangi penggunaan bahan bakar dan mengurangi emisi terutama CO_2. Hasil simulasi dan optimasi menggunakan *software* HOMER menunjukan bahwa PLTH yang optimum untuk digunakan dipulau panjang adalah integrasi antara PLTD dan PLTS. Pada kondisi optimum, kontribusi PLTS sebesar 63% dan PLTD 37% dengan nilai NPC sebesar $2.279.961, biaya pembangkitan listrik (COE) sebesar $0,851/kWh, konsumsi BBM pertahun 45.411 liter, emisi CO_2 yang dihasilkan sistem sebesar 119.583 kg/tahun atau berkurang sebesar 83,355 dari kondisi awal dan kelebihan energi listrik selama setahun sebesar 60.513 kWh [2]. Perbedaan tugas akhir ini dengan penelitian yang akan saya lakukan terletak pada jenis PLTH yang digunakan. Dimana, penelitian yang akan saya lakukan menggunaka jenis PLTH yang bersumber dari panas matahari dan tenaga angin.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sebuah sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* di Desa Saik yang terletak di Provinsi Riau. Desain sistem ini ditargetkan dapat memenuhi daya 25 kW beban puncak dan konsumsi energi 180 kWh per hari (jika memiliki suplai listrik). Dalam mendesain sistem ini terdiri dari *photovoltaic* 5 kW, 2 *Darrieus* Hidrokinetik Turbin (DHT) 3 kW, baterai 14.400 Ah, inverter 40 kW, dan generator diesel 18 kW. Sistem yang di desain ini mampu melayani 100% penggunaan beban dalam setahun dan memiliki kelebihan beban 21%. Sistem *Darrieus* Hidrokinetik Turbin menghasilkan 55% energi keluaran, biaya dan perawatan yang digunakan selama beroperasi sangat rendah tetapi biaya pembangunan awalnya sangat besar[3]. Perbedaan penelitian ini dan penelitian yang akan saya lakukan terletak pada lokasi penelitian. Dimana, penelitian yang saya lakukan berada di Dusun Wonoroto, Bantul dan jenis PLTH yang saya gunakan yaitu turbin angin dan panel surya.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yang berasal dari panas matahari dan angin menggunakn *software* HOMER. Tingkat radiasi matahari yang diperoleh sebesar 8,073 kWh/m^2 per hari dan kecepatan angin sebesar 2,3 m/s. Hasil optimasi menunjukan nilai NPC terbesar sebesar $171.447 dan nilai NPC terkecil sebesar $61.811. nilai COE tertinggi sebesar $1.663 per kWh dan terkecil sebesar $0.599 per kWh[4]. Perbedaan penelitian ini dan penelitian yang saya lakukan terletak pada parameter yang dihitung berdasarkan optimasi sistem. Dimana penelitian ini hanya menghitung parameter nilai

dari *net present cost* dan *cost of* energi sedangkan penelitian yang saya lakukan menghitung parameter total produksi energi listrik, *annualized cost, renewable penetration, cost of energy,* dan *net present cost*. Perbedaan lainnya terletak pada tipe komponen yang digunakan dalam mendesain sistem PLTH.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 HOMER

HOMER merupakan *software* yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem energi *hybrid* dan dikembangkan oleh nasional laboratorium energi terbarukan, Amerika Serikat. HOMER memodelkan sistem tenaga listrik dan biaya selama beroperasi, yang merupakan biaya total pemasangan dan biaya pengoperasian sistem. Selain itu, dalam HOMER banyak pilihan desain sistem yang bisa digunakan berdasarkan manfaat teknis dan nilai ekonominya.

Dalam pengoperasiannya HOMER melakukan 3 tugas utama yaitu:

1. Simulasi

   Dalam proses simulasi, HOMER memodelkan kinerja konfigurasi sistem setiap jam selama setahun untuk menentukan teknis kelayakan dan biaya dalam pengoperasiannya.

2. Optimalisasi

   Dalam proses optimasi, HOMER mensimulasikan berbagai konfigurasi sistem yang berbeda untuk mencari konfigurasi sistem terbaik dengan biaya operasional terendah.

3. Analisis sensitivitas

   Dalam proses analisis sensitivitas, HOMER melakukan beberapa pengoptimalan berdasarkan berbagai asumsi masukan untuk mengukur efek ketidakpastian atau perubahan model input. Pengoptimalan mementukan nilai optimal dari variabel dimana perancang sistem memiliki kontrol dalam menentukan komponen yang akan membentuk sistem baik ukuran maupun kuantitas. Analisis sensitivitas dapat membantu menilai dampak ketidakpastian atau perubahan variabel dimana desainer tidak memiliki kontrol dalam perubahan variabel[5].

Sistem mikropower adalah sistem yang dapat menghasilkan listrik dan panas yang berfungsi untuk melayani beban baik yang terhubung ke jaringan maupun otonom (tidak terhubung ke jaringan manapun). HOMER dapat memodelkan berbagai koneksi jaringan baik

yang terhubung ke jaringan *(on grid*) maupun tidak terhubung ke jaringan (*off grid*). Sistem mikropower yang melayani beban listrik dan panas terdiri dari kombinasi modul fotovoltaik (PV), turbin angin, hidro kecil, tenaga biomassa, mesin generator, bahan bakar minyak, baterai, dan penyimpanan hidrogen.

Kelebihan *software* HOMER yaitu:

1. Dapat memodelkan sistem selama setahun agar mengetahui teknik kelayakan dan biaya pengoperasiannya.
2. Dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi sistem terbaik dan biaya operasional terendah.
3. Perancang sistem memiliki kontrol penuh dalam menentukan komponen yang akan digunakan dalam sistem baik dari segi ukuran maupun kualitas komponen.
4. Dapat melakukan pengoptimalan dalam perubahan model input.
5. Dapat membantu menilai dampak ketidakpastian atau perubahan variabel.

2.2.2 Komponen HOMER

Dalam HOMER, komponen adalah bagian dari sistem yang menghasilkan, memberikan, mengkonversi, atau menyimpan energi. HOMER memodelkan 10 jenis komponen yang terdiri dari 4 bagain yaitu bagian energi terbarukan, bagian mengubah energi listrik menjadi bentuk lain, bagian menyimpan energi, dan bagian yang dapat dikirimkan sumber energi.

1. Komponen yang menghasilkan listrik dari sumber energi terbarukan
    - Modul fotovoltaik

      Modul fotovoltaik mengubah radiasi matahari menjadi listrik DC.
    - Turbin angin

      Turbin angin untuk mengubah energi angin menjadi listrik AC atau DC.
    - Turbin air

      Turbin air untuk mengubah energi air menjadi listrik AC atau DC. HOMER hanya bisa model instalasi sistem hidro *run of* sungai yang berarti tidak terdiri dari penyimpanan waduk.
2. Komponen yang dapat dikirimkan sumber energi (sistem dapat mengontrol sesuai kebutuhan)
    - Generator

Generator mengkonsumsi bahan bakar untuk menghasilkan listrik AC atau DC. Selain itu generator dapat memproduksi daya termal melalui pemulihan panas limbah.

- Grid

  Grid memberikan listrik kepada sistem yang terhubung dengan jaringan dan juga dapat menerima kelebihan listrik dari sistem.

- Boiler

  Boiler menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan tenaga termal.

3. Komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi bentuk lain
   - Konverter

     Konverter mengkonversi listrik dari AC ke DC atau dari DC ke AC.

   - Elektroliser

     Mengubah kelebihan listrik AC atau listrik DC menjadi hidrogen melalui elektrolisis air. Sistem ini dapat menyimpan hidrogen dan menggunakannya sebagai bahan bakar untuk satu generator atau lebih.

4. Komponen yang menyimpan energi
   - Baterai

     Baterai untuk menyimpan listrik DC.

   - Tangki hidrogen

     Tangki hidrogen untuk menyimpan hidrogen dari elektrolizer untuk bahan bakar satu generator atau lebih[6].

2.2.3 *Net present cost* (NPC)

Net present cost yaitu biaya total yang akan digunakan selama masa pemasangan atau pun pengoperasian komponen sepanjang proyek berjalan. Untuk mengetahui nilai NPC (*net present cost*) dengan menggunakan persamaan 2-1:

$$NPC = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - salvage \quad (2\text{-}1)$$

Keterangan:

Capital costs = Biaya modal komponen (Rp).
Replacement costs = Biaya pergantian komponen (Rp).
O&M costs = Biaya operasional dan perawatan (Rp)
Fuel costs = Biaya bahan bakar (Rp).
Salvage = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp).

2.2.4 Total Produksi Energi

Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan dari sebuah sistem yang dirancang. Untuk mengetahui jumlah energi listrik yang dihasilkan dari sistem energi terbarukan (tenaga *hybrid*) sepanjang sistem beroperasi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2-2:

$$E_{Total\ produksi} = E_{Turbin\ angin} + E_{s0lar\ cell} + E_{Grid} \quad (2\text{-}2)$$

Keterangan :

$E_{Total\ Produksi}$ = Total produksi energi listrik (kWh).
$E_{Turbin\ angin}$ = Total produksi energi angin (kWh).
$E_{solar\ cell}$ = Total produksi energi *solar cell* (kWh).
E_{Grid} = Total produksi energi dari jaringan PLN (kWh).

2.2.5 *Annualized cost* (AC)

Annualized cost digunakan untuk mengetahui total biaya tahunan dari desain sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*. Untuk mengetahui biaya tahunanan dari sistem PLTH dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada Persamaan 2-3

$$\textit{Annualized cost} = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - salvage \quad (2\text{-}3)$$

Keterangan:

Annualized cost (AC) = Biaya tahunan sistem (Rp)
Capital costs = Biaya modal komponen (Rp).
Replacement costs = Biaya pergantian komponen (Rp).
O&M costs = Biaya operasional dan perawatan (Rp)
Fuel costs = Biaya bahan bakar (Rp).
Salvage = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp).

2.2.6 *Cost of* Energi (COE)

Cost of Energi digunakan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per kWh dari sistem. Untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 2-4

$$COE = \frac{Total\ AC}{E_{tot.produksi}} \quad (2\text{-}4)$$

Keterangan:

COE	= Biaya yang dikeluarkan per kWh (Rp)
Total AC	= Biaya tahunan sistem (Rp)
$E_{tot.produksi}$	= Total produksi energi (kWh)

2.2.7 *Renewable penetration* (RP)

Renewable penetration digunakan untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang dihasilkan dari total energi listrik yang diproduksi oleh sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH). Nilai *renewable penetration* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-5

$$RP = \frac{E_{tot.komponen}}{E_{tot.prod.sistem}} \quad (2\text{-}5)$$

Keterangan:

RP	= *Renewable penetration* (%)
$E_{tot.komponen}$	= Total energi listrik yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin (kWh)
$E_{tot.prod.sistem}$	= Total produksi energi listrik yang dihasilkan sistem (kWh)

2.2.8 Pembangkit Sistem *Hybrid*

Pembangkit sistem *hybrid* merupakan gabungan antara dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda baik yang berasal dari alam maupun yang berasal dari energi konvensional. Tujuan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* yaitu untuk melengkapi satu sama lain dari kedua jenis pembangkit yang digabungkan, baik itu dari segi kelemahan dan meningkatkan jumlah produksi energi listrik[1].

Keuntungan sistem *hybrid* yaitu

1. Kepadatan energi yang diperoleh lebih banyak.
2. Biaya operasional rendah.
3. Tingkat efisiensi lebih besar.
4. Baterai bekerja secara efisien.
5. Biaya instalasi lebih rendah.
6. Tipe pembangkit listrik yang berkelanjutan.
7. Pemanfaatan ruang yang efektif.

Kelemahan sistem *hybrid* yaitu tergantung pada kondisi iklim (cuaca)[1].

2.2.9 Turbin Angin

Pada dasarnya, sistem turbin angin yaitu menangkap energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik (gerak) melalui pisau turbin dan kemudian energi mekanik diubah menjadi energi listrik melalui generator listrik. Representasi matematis dari turbin angin sangat berperan penting dalam memahami respon (kinerja) turbin angin selama beroperasi. Peforma turbin angin tergantung pada kondisi cuaca, berar instalasi aktual, dan pemodelan pisau turbin[7]. Berbagai konsep turbin angin telah dikembangkan dan dibangun untuk memaksimalkan keluaran energi angin, meminimalkan biaya turbin, dan meningkatkan efisiensi dan keandalan turbin angin.

Turbin angin dapat dikelompokan menurut konfigurasi generator turbin, jalur aliran udara ke rotor turbin, kapasitas turbin, pola penggerak generator, mode suplai daya, dan lokasi instalasi turbin. Berdasarkan konfigurasi rotasi sumbu baling-baling, turbin angin dikelompokkan menjadi 2 jenis sumbu yaitu:

1. Turbin angin sumbu horizontal.

   Sebagian besar turbin angin komersial yang digunakan saat ini termasuk tipe sumbu horizontal. Dimana, sumbu pisau turbin berputar sejajar dengan aliran angin. Keuntungan dari turbin tipe ini yaitu efisiensi turbin tinggi, massa jenis daya tinggi, dapat dipasang pada kecepatan angin rendah, dan biaya rendah dalam pembangunan per unit pembangkit[8]. Sudu turbin angin sumbu horizontal berbentuk irisan melintang sehingga menyebabkan aliran udara dapat bergerak dengan cepat di salah satu sisinya di bandingankan dengan sisi yang lain. Hal ini mengakibatkan terjadi perbedaan tekanan pada sudu turbin. Dimana, pada bagian depan menghasilkan tekanan yang tiggi dan pada bagian belakang menghasilkan tekanan yang rendah. Perbedaan tekanan inilah yang akan mengakibatkan sudu turbin berputar[9].

2. Turbin angin sumbu vertikal.

   Blade turbin angin sumbu vertikal berputar berdasarkan sumbu vertikal yang tegak lurus ke tanah. Keuntungan dari turbin angin sumbu vertikal adalah turbin dapat menerima angin dari segala arah sehingga kontrol sudut tidak dibutuhkan dalam jenis turbin angin ini, generator angin serta gearbox dan komponen utama turbin lainnya terpasang tegak lurus diatas tanah, desain dan konstruksi menara angin sangat sederhana, dan mengurangi biaya turbin. Sedangkan untuk kelemahan jenis turbin angin sumbu vertikal adalah masih menggunakan sumber energi eksternal untuk memutar baling-baling selama inisialisasi (beroperasi) karena hanya terdapat satu sumbu turbin angin di

ujung tanah, dan ketinggian praktis maksimumnya sangat terbatas karena efisiensi daya angin yang rendah[8].

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin yang akan digunakan dalam penelitian ini, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2-6:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad (2\text{-}6)[7]$$

Keterangan:

P = Daya (W).

ρ = Massa jenis angin (1,225 kg/m_3)[6].

A = Luas penampang turbin (m^2) ($\frac{1}{4} * \pi * D$).

V = Kecepatan tiupan angin (m/s).

D = Diameter turbin angin (m)[7].

2.2.10 *Photovoltaic* (PV)

Ketika modul PV terkena sinar matahari maka modul PV akan menghasilkan listrik arus searah (DC). Dengan menggunakan inverter, listrik arus searah akan diubah menjadi arus bolak balik (AC). Ada 2 tipe utama sistem PV yaitu *on grid* dan *off grid*[10].

Berdasarkan teknologi pembuatannya, ada 2 jenis panel surya yang sering digunakan yaitu

1. Monokristal *solar cell*

   Panel ini adalah panel surya yang paling efisien karena dapat menghasilkan daya listrik per satuan luas yang paling tinggi. Efisiensi jenis ini sampai dengan 12,5-15%. Kelemahan dari jenis ini yaitu tidak akan bekerja pada tempat yang cahaya mataharinya kurang[10].

2. Polikristal *solar cell*

   Panel jenis ini memerlukan luas lahan yang luas dalam pemasangannya untuk menghasilkan energi listrik dibandingkan dengan tipe monokristal. Effisiensi tipe polikristal sebesar 11-14%. Kelebihan tipe ini yaitu dapat menghasilkan energi walaupun keadaan cuaca dalam kondisi berawan[10].

Faktor yang mempengaruhi tingkat kinerja dari panel surya yaitu

1. Temperatur
2. Intensitas cahaya matahari
3. Orientasi rangkaian modul surya
4. Sudut orientasi matahari [11].

2.2.11 *Payback Period*

Payback period adalah metode yang digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengembalikan biaya yang dikeluarkan dalam membangun sebuah proyek. Nilai dari *payback period* dapat diketahui dengan cara membagi biaya investasi pembangunan proyek dengan pendapatan dari pembangkit yang dibangun[13]. Untuk mengetahui nilai dari *payback periode* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-7)

$$Payback\ period = \frac{Biaya\ investasi}{Pendapatan\ per\ tahun} \tag{2-7}$$

Keterangan :

$Payback\ period$: Waktu pengembalian modal (tahun).

Biaya investasi : Modal yang dikeluarkan (Rp).

Proyek dikatakan layak jika waktu pengembalian modal kurang dari waktu perancangan proyek. Jika pengembalian modal lebih dari waktu perancangan proyek, maka proyek tersebut tidak layak untuk dibangun[13]. Sebelum mengetahui nilai *payback period* terlebih dahulu mengetahui nilai pendapatan dari penjualan energi listrik dalam setahun. Pendapatan penjualan energi listrik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-8

$$Pendapatan\ per\ tahun = total\ produksi\ energi\ \times Harga\ jual \tag{2-8}$$

Keterangan :

Pendapatan per tahun : Pemasukan yang diperoleh per tahun (Rp).

Total produksi energi : Energi listrik yang diproduksi pembangkit per tahun (Rp).

Harga jual : Biaya yang dikeluarkan per kWh (Rp).

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Pada bagian ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang dikerjakan dalam proses penyelesaian skripsi ini. Tahapan ini bertujuan agar penyelesaian skripsi ini dapat dikerjakan secara bertahap dari awal mulai penyusunan sampai tahap penyelesaian skripsi ini. Tahapan-tahapan penyusunan skripsi ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.1.1 Mengumpulkan Data

Pada tahap pertama dalam penyelesaian skripsi ini yaitu mengumpulkan data. Data yang dikumpulkan berupa data kecepatan angin, intensitas sinar matahari, dan data konsumsi energi listrik (dalam setahun). Untuk data kecepatan angin dan intensitas sinar matahari diperoleh dari disitus NASA. Sedangkan data konsumsi energi listrik masyarakat diperoleh dari PLN distribusi Bantul. Selain itu diperlukan data tambahan dalam studi literatur seperti jurnal, paper (nasional dan internasional), dan buku. Data ini digunakan sebagai referensi dalam penyelesaian skripsi ini.

3.1.2 Mengolah Data

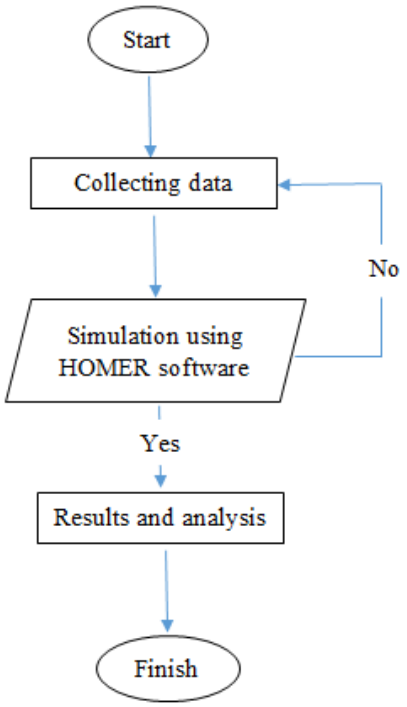
Pada tahap kedua, data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan *microsoft excel*. Data yang diolah menggunakan *microsoft excel* yaitu data konsumsi energi listrik masyarakat. Pengolahan data ini bertujuan untuk mengetahui jumlah keseluruhan konsumsi energi listrik masyarakat dalam setahun.

3.1.3 Simulasi HOMER

Pada tahap ketiga melakukan simulasi pada *software* HOMER. Simulasi ini bertujuan untuk mendesain sebuah skematik sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) dan mengetahui jumlah energi listrik yang dihasilkan dari sistem PLTH. Setelah sistem PLTH didesain kemudian memasukan data-data yang telah diperoleh pada sistem PLTH yang didesain pada *software* HOMER.

3.1.4 Hasil dan Analisis

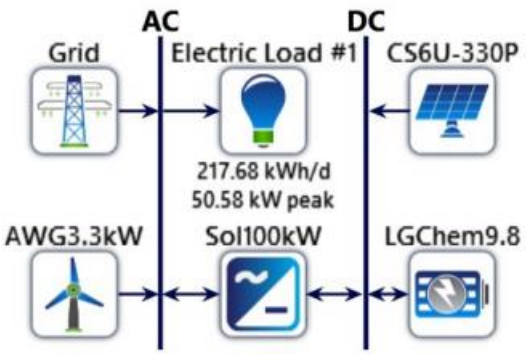
Pada tahap terakhir, data-data yang telah dimasukan pada sistem PLTH kemudian dianalisis oleh *software* HOMER. Hasil analisis dari *software* HOMER berupa jumlah energi listrik yang dihasilkan, nilai *net present cost* (NPC), dan lain-lain. Selain itu hasil analisis *software* HOMER yaitu menghasilkan sebuah sistem yang optimal.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Desain Sistem

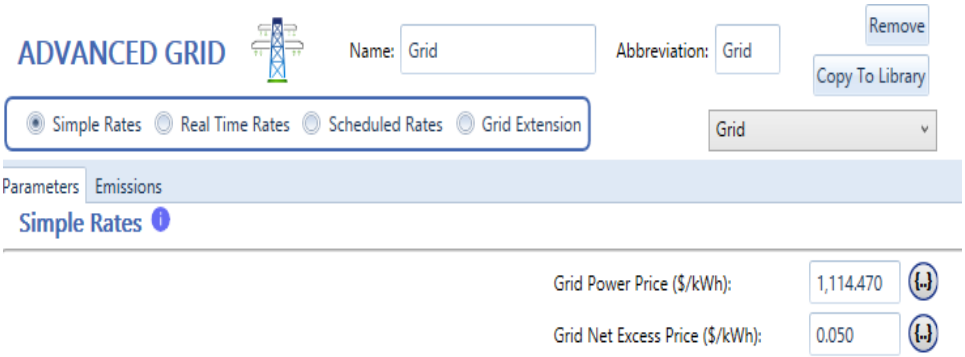
Dalam mendesain skematik sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) ada beberapa komponen yang digunakan yaitu turbin angin, *solar cell*, baterai, dan konverter. Desain sistem PLTH dapat dilihat pada Gambar 3.2. Perancangan sistem ini diproyeksikan selama 25 tahun.



Gambar 3.2 Desain Skematik Sistem PLTH

3.2.1 Grid

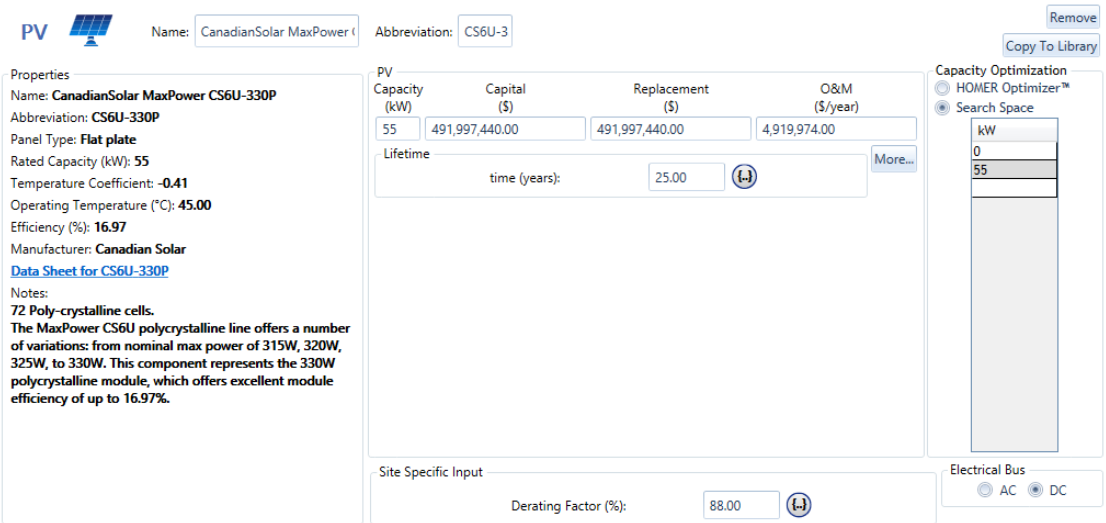
Grid adalah jaringan energi listrik yang bersumber dari PLN. Harga jual listrik tegangan menengah per kWh untuk masyarakat non subsidi sebesar Rp. 1.114,74 per kWh[12]. Untuk mengatur grid pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Jendela pengaturan grid PLN

3.2.2 *Solar cell*

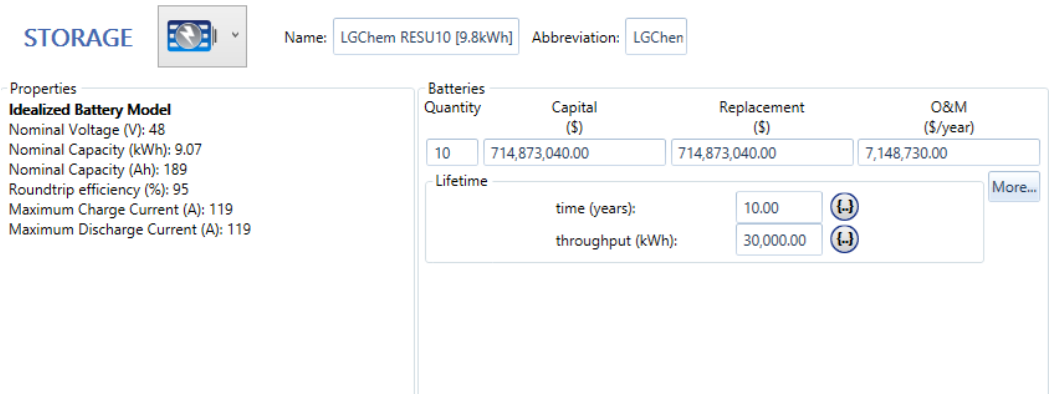
Solar cell yang digunakan dalam desain skematik sistem PLTH menggunakan tipe CanadianSolar MaxPower CS6U-330P sebanyak 166 keping *solar cell* dengan kapasitas 55kW. Biaya yang dikeluarkan untuk *solar cell* tipe ini sebesar Rp. 491.997.440 ,dan dapat digunakan selama 25 tahun. Biaya operasional dan perawatan selama setahun sebesar Rp. 4.919.970 per tahun. Untuk mengatur *solar cell* pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Jendela pengaturan *solar cell*

3.2.3 Baterai

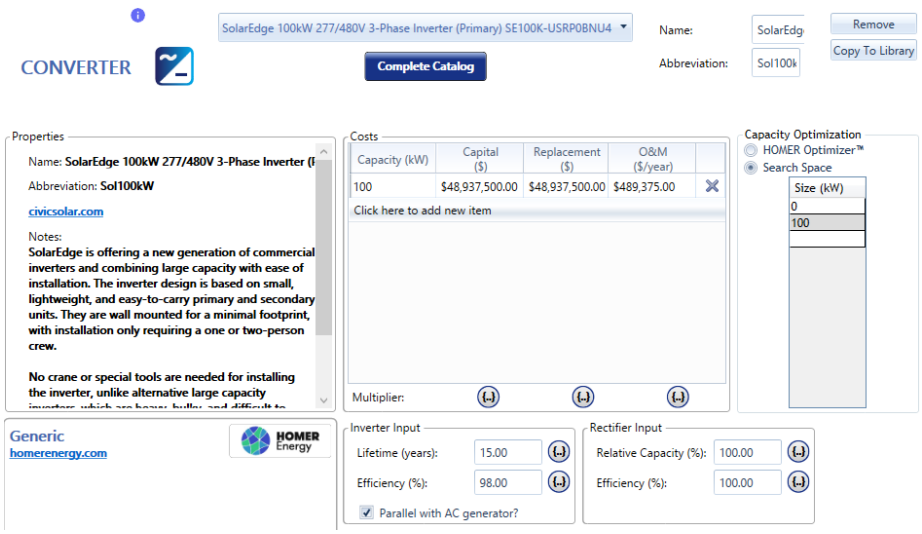
Baterai yang digunakan dalam desain skematik sistem PLTH menggunakan baterai jenis LGChem RESU10 9.8kWh sebanyak 10 buah dan dapat digunakan selama 10 tahun. Biaya yang dikeluarkan untuk baterai jenis ini sebesar Rp. 714.873.040 serta biaya operasional dan *maintenance* sebesar Rp. 7.148.730 per tahun. Jendela pengaturan baterai pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Jendela pengaturan baterai

3.2.4 Konverter

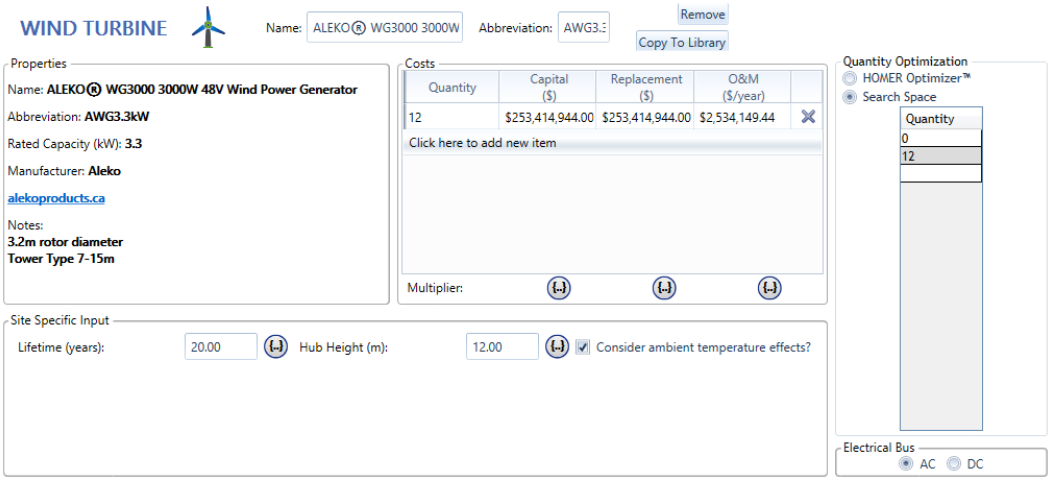
Konverter yang digunakan dalam mendesain skematik sistem PLTH menggunakan jenis SolarEdge 100kW 277/480V 3-phase inverter sebanyak 1 buah dengan kapasitas 100kW dan dapat digunakan selama 15 tahun. Biaya yang dikeluarkan untuk baterai jenis ini sebesar Rp.48.937.500, serta biaya operasional dan perawatan yang dikeluarkan sebesar Rp.489.375 per tahun. Dalam *software* HOMER jendela yang digunakan untuk mengatur konverter dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Jendela pengaturan konverter

3.2.5 Turbin Angin

Turbin angin yang digunakan untuk mendesain sistem skematik PLTH menggunakan jenis aleko WG3000 3000W *wind power* generator sebanyak 12 buah dengan kapasitas 39,6 kW dan dapat digunakan selama 20 tahun. Modal awal yang dikeluarkan untuk membeli turbin jenis ini sebesar Rp.253.414.944 dan biaya perawatan dan operasional sebesar Rp.2.534.149 per tahun. Gambar 3.7 menunjukan jendela pengaturan turbin angin pada *software* HOMER.



Gambar 3.7 Jendela pengaturan turbin angin

Untuk mengetahui besaran daya pada turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 2-6

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1{,}225 \times 8{,}04 \times 6.03^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1{,}225 \times 8{,}04 \times 219{,}25$$

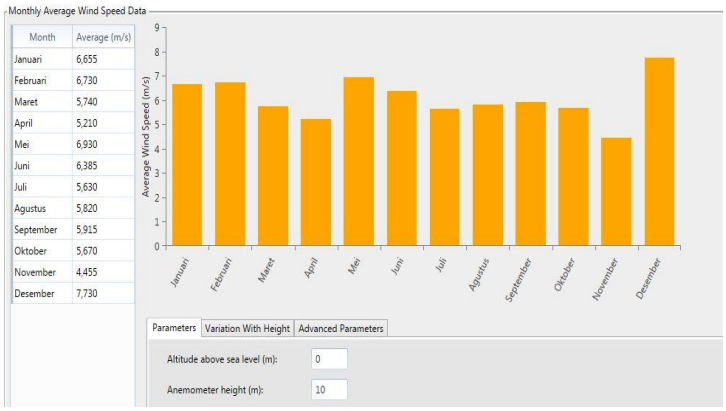
$$= \frac{1}{2} \times 2159{,}4$$

$$= 1.079{,}7 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan daya turbin angin diatas, total daya yang dihasilkan berdasarkan perhitungan manual tidak melebihi kapasitas daya turbin angin yang digunakan dalam desain sistem PLTH. Dimana, daya turbin angin yang digunakan dalam sistem memiliki kapasitas daya sebesar 3,3 kW. Nilai luas penampang turbin (A) dalam perhitungan manual menggunakan nilai yang terdapat pada data *sheet* turbin yang digunakan dalam desain sistem sedangkan nilai kecepatan angin (V) yang digunakan merupakan rata-rata kecepatan angin dalam setahun yang digunakan dalam sistem.

3.3 Kecepatan Angin

Data kecepatan angin dalam penelitian ini diperoleh dari situs NASA. Kecepatan tiupan angin dilokasi penelitian (Dusun Wonoroto) dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dimana, data yang digunakan merupakan rata-rata kecepatan angin per bulan dalam setahun. Untuk mengatur kecepatan angin pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Jendela pengaturan kecepatan angin

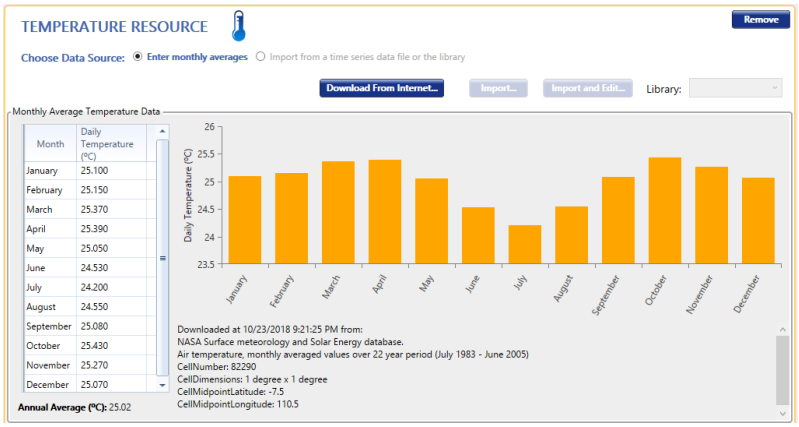
Gambar 3.8 menunjukan jendela pengaturan kecepatan tiupan angin. Rata-rata kecepatan tiupan angin yang diperoleh dari lokasi penelitian sangat bervariasi antara 4-7 m/s per bulan dalam setahun. Dengan nilai kecepatan angin yang dihasilkan dilokasi penelitian dapat digunakan untuk memutar turbin angin karena untuk memutar turbin angin nilai minimal kecepatan angin sebesar 4m/s.

Tabel 3.1 Data kecepatan tiupan angin per bulan

Bulan	Kecepatan tiupan angin (m/s)
Januari	6,655
Februari	6,730
Maret	5,740
April	5,210
Mei	6,930
Juni	6,385
Juli	5,630
Agustus	5,820
September	5,915
Oktober	5,670
November	4,455
Desember	7,730

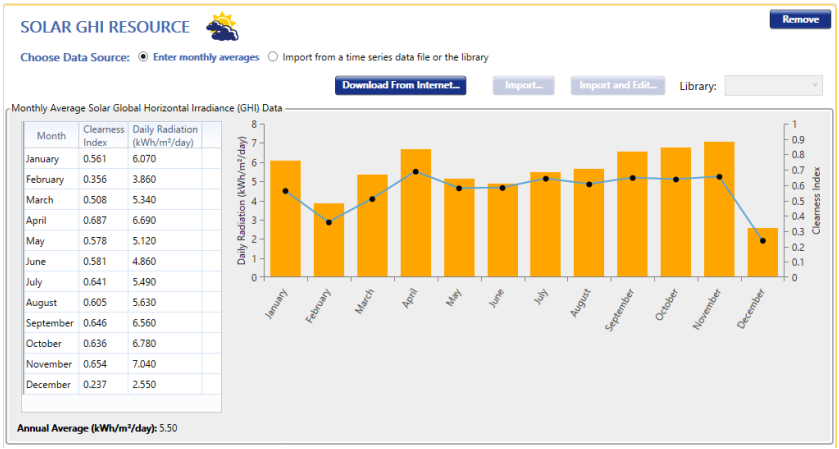
3.4 Radiasi Matahari

Data radiasi matahari dalam penelitian ini diperoleh dari situs NASA. Data radiasi matahari dapat dilihat pada Tabel 3.2. Dimana, data yang digunakan merupakan rata-rata radiasi matahari per bulan dalam setahun. Untuk mengatur data radiasi matahari pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10



Gambar 3.9 Jendela pengaturan temperatur udara

Gambar 3.9 menunjukan temperatur udara yang disebabkan dari radiasi matahari. Rata-rata temperatur udara yang disebabkan dari radiasi matahari selama setahun berkisar antara 24-25℃. Temperatur udara yang dihasikan tidak melebihi nilai temperatur nominal dari panel surya yang digunakan dalam sistem. Temperatur nominal panel surya yang digunakan sebesar 45℃. Nilai temperatur udara yang dihasilkan dari intensitas cahaya matahari tidak boleh melebih nilai nominal temperatur panel surya. Apabila melebihi nilai nominal panel surya maka akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada panel surya.



Gambar 3.10 Jendela pengaturan radiasi matahari

Gambar 3.10 menunjukkan jendela pengaturan radiasi matahari dalam *software* HOMER. Rata-rata radiasi matahari dalam setahun berkisar antara 2 sampai 7 kWh/m^2/day. Radiasi

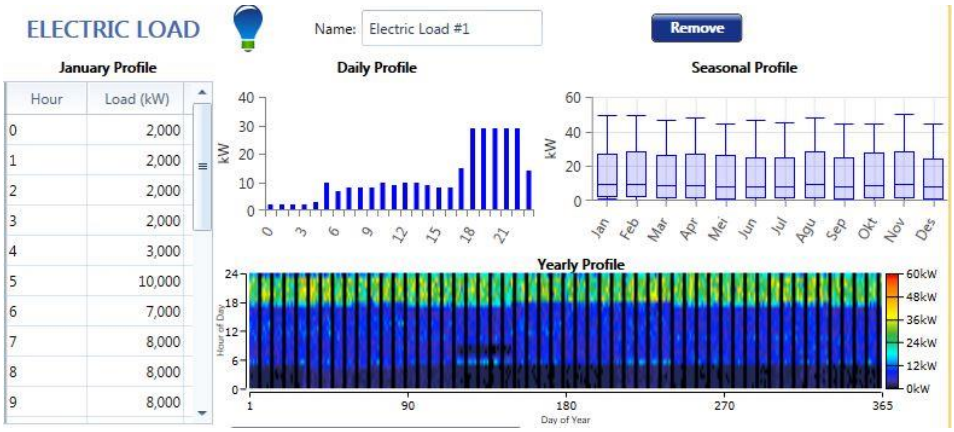
matahari terbesar terdapat pada bulan November yaitu sebesar 7,040 kWh/m^2/day dan terkecil pada bulan Desember yaitu sebesar 2,550 kWh/m^2/day.

Tabel 3.2 Dat radiasi matahari per bulan

Bulan	Radiasi matahari (kWh/m^2/day)
Januari	6,070
Februari	3,860
Maret	5,340
April	6,690
Mei	5,120
Juni	4,860
Juli	5,490
Agustus	5,630
September	6,560
Oktober	6,780
November	7,040
Desember	2,550

3.5 Data Beban

Data beban dalam penelitian ini diperoleh dari PLN distribusi Bantul. Data beban yang digunakan yaitu rata-rata konsumsi energi listrik (kWh) masyarakat per bulan selama setahun. Jumlah data beban yang digunakan sebanyak 100 sampel data. Setelah data beban diperoleh kemudian di input menggunakan *software* HOMER. Jendela untuk menginput data beban pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Jendela pengaturan beban

Selanjutnya, setelah beban di input kemudian dilanjutkan dengan mengatur penggunaan beban per jam dalam sehari. Sebelum mengatur penggunaan beban per jam dalam sehari terlebih

dahulu menjumlahkan data keseluruhan konsumsi energi listrik masyarakat per bulan untuk mendapatkan rata-rata beban per bulan dalam setahun. Dalam mengatur penggunaan beban per jam dalam sehari, data yang dimasukkan yaitu data rata-rata beban per bulan dalam setahun yang digunakan oleh masyarakat. Sisi kolom pada pengaturan beban sehari menunjukkan waktu penggunaan beban per jam sedangkan sisi baris menunjukkan nama-nama bulan yang akan di atur bebannya. Jendela pengaturan beban per jam dalam sehari dapat dilihat pada Gambar 3.12

Weekdays | Weekends

Hour	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
0	2,000	4,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000
1	2,000	4,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000
2	2,000	4,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000
3	2,000	4,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000
4	3,000	8,000	6,000	3,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	3,000	2,000
5	10,000	10,000	10,000	10,000	14,000	10,000	10,000	15,000	10,000	10,000	11,000	10,000
6	7,000	8,000	9,000	7,000	8,000	9,000	7,000	8,000	9,000	8,000	9,000	8,000
7	8,000	8,000	8,000	7,000	2,000	8,000	7,000	8,000	8,000	8,000	9,000	8,000
8	8,000	8,000	8,000	7,000	2,000	8,000	7,000	8,000	8,000	8,000	9,000	8,000
9	8,000	8,000	7,000	7,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	9,000	8,000
10	10,000	10,000	9,000	10,000	10,000	8,000	8,000	9,000	10,000	10,000	11,000	10,000
11	9,000	10,000	9,000	8,000	8,000	10,000	9,000	9,000	8,000	8,000	9,000	8,000
12	10,000	10,000	9,000	8,000	8,000	10,000	9,000	9,000	8,000	8,000	9,000	8,000
13	10,000	9,000	10,000	10,000	8,000	10,000	9,000	9,000	8,000	8,000	9,000	8,000
14	9,000	9,000	10,000	7,000	8,000	8,000	9,000	9,000	8,000	8,000	9,000	8,000
15	8,000	9,000	8,000	7,000	8,000	8,000	9,000	9,000	8,000	8,000	9,000	7,000
16	8,000	9,000	8,000	9,000	8,000	8,000	9,000	9,000	8,000	8,000	8,000	7,000
17	15,000	18,000	12,000	18,000	18,000	10,000	12,000	10,000	15,000	20,000	15,000	18,000
18	29,000	33,000	30,000	30,000	28,000	29,000	28,000	31,000	30,000	31,000	32,000	29,000
19	29,000	33,000	30,000	30,000	28,000	29,000	28,000	31,000	30,000	31,000	32,000	29,000
20	29,000	33,000	30,000	30,000	28,000	29,000	28,000	31,000	30,000	31,000	32,000	29,000
21	29,000	33,000	30,000	30,000	28,000	29,000	28,000	31,000	30,000	31,000	32,000	29,000
22	29,000	33,000	30,000	30,000	28,000	29,000	28,000	31,000	30,000	31,000	32,000	29,000
23	14,000	15,000	15,000	20,000	20,000	20,000	17,000	20,000	24,000	25,000	19,000	19,000

Gambar 3.12 Jendela pengaturan beban per jam dalam setahun

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Parameter Terhadap Desain Sistem *Hybrid*

Ada 3 parameter yang digunakan dalam mendesain sistem *hybrid* antara lain kecepatan angin, radiasi matahari, dan data konsumsi energi listrik masyarakat. Jika kecepatan angin rendah maka energi listrik yang dihasilkan turbin angin sedikit dan sebaliknya jika kecepatan angin besar maka energi listrik yang dihasilkan besar. Sedangkan *solar cell* dalam menghasilkan energi listrik tergantung dari radiasi matahari. Jika radiasi matahari rendah (cuaca berawan atau mendung) maka energi listrik yang dihasilkan *solar cell* sedikit dan sebaliknya jika radiasi matahari besar (cuaca cerah) maka energi listrik yang dihasilkan besar. Sedangkan data konsumsi energi listrik digunakan sebagai data beban. Jika data beban tidak dimasukkan maka HOMER tidak dapat mengetahui jumlah energi listrik yang dihasilkan grid. Ketiga parameter ini sangat berpengaruh terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan dari sistem.

4.2 Hasil optimasi desain skematik pembangkit listrik tenaga *hybrid*

Hasil optimasi bertujuan untuk mengetahui tingkat variabel komponen utama pada pembangkit listrik tenaga *hybrid* saat beroperasi. Dimana, hasil optimasi diperoleh ketika proses simulasi pada *software* HOMER telah selesai di jalankan. Gambar 4.1 menunjukan tampilan optimasi desain skematik PLTH.

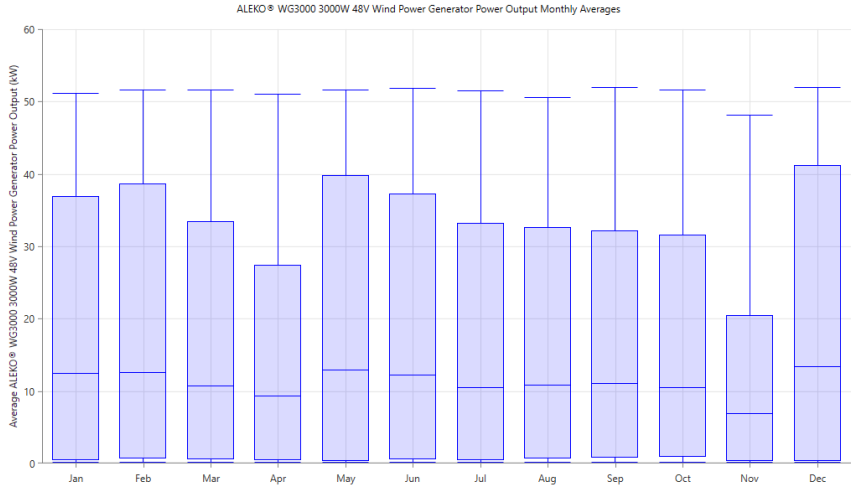
Architecture										Cost			
	CS6U-330P (kW)	AWG3.3kW	LGChem9.8	Grid (kW)	Sol100kW (kW)	Dispatch	COE ($)	NPC ($)	Operating cost ($/yr)	Initial capital ($)
		12		999,999		CC	$508.42	$903M	$50.3M	$253M
				999,999		CC	$1,114	$1.14B	$88.5M	$0.00
	55.0	12		999,999	100	CC	$504.74	$1.44B	$49.6M	$794M
	55.0			999,999	100	CC	$764.84	$1.44B	$69.5M	$541M
		12	10	999,999	100	CC	$1,311	$2.33B	$101M	$1.02B
			10	999,999	100	CC	$2,502	$2.57B	$140M	$764M
	55.0	12	10	999,999	100	CC	$980.45	$2.79B	$99.0M	$1.51B
	55.0		10	999,999	100	CC	$1,484	$2.79B	$119M	$1.26B

Gambar 4.1 Tampilan optimasi desain skematik PLTH

4.3 Hasil optimasi ringkasan listrik PLTH

4.3.1 Produksi energi listrik turbin angin (per bulan dan per hari)

Energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan tergantung dari kecepatan angin setiap bulan. Gambar 4.2 menunjukan grafik energi listrik yang dihasilkan per bulan dari turbin angin.



Gambar 4.2 Grafik energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan dalam setahun

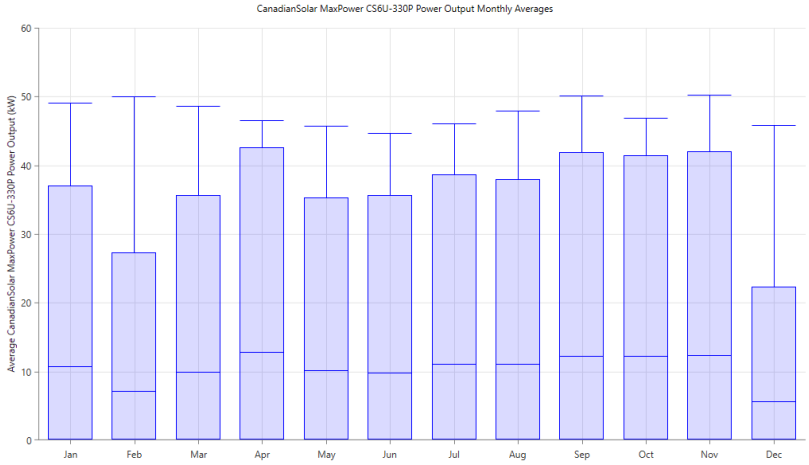
Berdasarkan Gambar 4.2 diatas dapat dijelaskan bahwa energi listrik yang dihasilkan turbin angin pada bulan Desember merupakan yang tertinggi sedangkan yang terendah pada bulan November karena kecepatan angin pada bulan Desember merupakan yang tertinggi sedangkan pada bulan November merupakan yang terendah. Rata-rata energi listrik yang dihasilkan per bulan dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 6 kW (bulan November) - 13 kW (bulan Desember) dan maksimal energi listrik harian yang dihasilkan per bulan dalam setahun dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 20,40 kW (bulan November) - 41,25 kW (bulan Desember). Sedangkan maksimal energi listrik tahunan yang dihasilkan per bulan dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 48,18 kW (bulan November) - 52 kW (bulan Desember). Sedangkan grafik harian energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan dalam setahun dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik harian energi listrik yang dihasilkan turbin angin per bulan dalam setahun

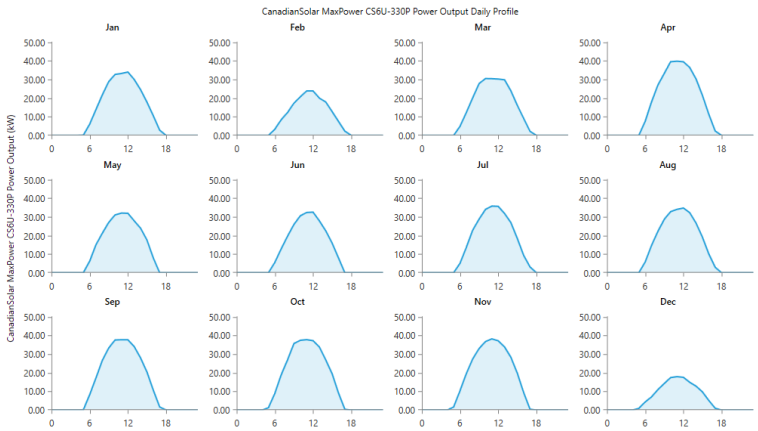
4.3.2 Produksi energi listrik *solar cell* (per bulan dan per hari)

Energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan tergantung dari radiasi matahari pada masing-masing bulan. Grafik energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dalam setahun

Berdasarkan Gambar 4.4 diatas dapat dijelaskan bahwa energi listrik yang dihasilkan *solar cell* pada bulan November merupakan yang tertinggi sedangkan yang terendah pada bulan Desember karena radiasi matahari pada bulan November merupakan yang tertinggi sedangkan pada bulan Desember merupakan yang terendah. Rata-rata energi listrik yang dihasilkan per bulan dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 5.59 kW (bulan Desember) -12,33 kW (bulan November) dan maksimal energi listrik harian yang dihasilkan per bulan dalam setahun dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 22,28 kW (bulan Desember) - 41,95 kW (bulan November). Sedangkan maksimal energi listrik tahunan yang dihasilkan per bulan dari yang terendah sampai yang tertinggi antara 45,83kW (bulan Desember) - 50,22 kW (bulan November). Sedangkan grafik harian energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dalam setahun dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik harian energi listrik yang dihasilkan *solar cell* per bulan dalam setahun

4.3.3 Total produksi energi

Total produksi energi yang dihasilkan selama setahun dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebagai penyedia cadangan energi listrik masyarakat sebesar 221.866 kWh/tahun. Hasil dari total produksi energi selama setahun dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Total produksi energi listrik

Komponen	Produksi (kWh)	Effisiensi (%)
Canadian Solar MaxPower CS6U-330P	91.058	41
AWG HC 3,3 kW *Wind Turbine*	97.024	43,7
Grid	33.784	15,2
Total	221.866	100

Berdasarkan Tabel 4.1 total produksi energi listrik dari turbin angin lebih besar dibandingkan *solar cell*. Hal ini disebabkan karena daya keluaran turbin angin lebih besar dibandingkan *solar cell* yakni sebesar 43,7% dalam menghasilkan energi listrik walaunpun jumlah turbin angin yang digunakan lebih sedikit dibandingkan *solar cell* sedangkan *solar cell* dalam menghasilkan energi listrik sebesar 41%. Jumlah *solar cell* lebih banyak agar dapat mengimbangi jumlah energi listrik yang dihasilkan turbin angin. Dengan asumsi jika apabila turbin angin tidak bekerja secara optimal karena disebabkan oleh kecepatan putaran angin dibawah rata-rata maka *solar cell* yang akan beroperasi untuk menghasilkan energi listrik dan sebaliknya apabila *solar cell* tidak bekerja secara optimal karena faktor cuaca (mendung), maka turbin angin yang akan memproduksi energi listrik. Untuk menghitung total produksi energi yang dihasilkan dapat menggunakan rumus pada Persamaan 2-2

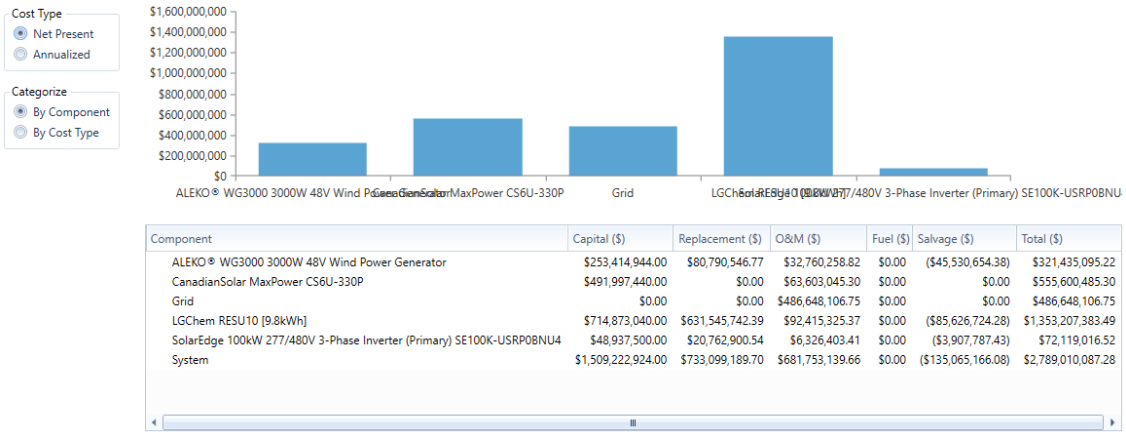
$$E_{Total\ produksi} = E_{Solar\ Cell} + E_{Turbin\ angin} + E_{Grid}$$

$$= 91.058 + 97.024 + 33.784$$

$$= 221.866 \text{ kWh per tahun}$$

4.3.4 *Net present cost* (NPC)

Net present cost digunakan untuk mengetahui total biaya keseluruhan yang akan dikeluarkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga *hybrid* (bayu-*solar cell*). Adapun biaya yang akan dikeluarkan untuk membeli komponen dalam proyek pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebesar Rp.2.789.010.000. Pembagian biaya komponen dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Component	Capital ($)	Replacement ($)	O&M ($)	Fuel ($)	Salvage ($)	Total ($)
ALEKO® WG3000 3000W 48V Wind Power Generator	$253,414,944.00	$80,790,546.77	$32,760,258.82	$0.00	($45,530,654.38)	$321,435,095.22
CanadianSolar MaxPower CS6U-330P	$491,997,440.00	$0.00	$63,603,045.30	$0.00	$0.00	$555,600,485.30
Grid	$0.00	$0.00	$486,648,106.75	$0.00	$0.00	$486,648,106.75
LGChem RESU10 [9.8kWh]	$714,873,040.00	$631,545,742.39	$92,415,325.37	$0.00	($85,626,724.28)	$1,353,207,383.49
SolarEdge 100kW 277/480V 3-Phase Inverter (Primary) SE100K-USRP0BNU4	$48,937,500.00	$20,762,900.54	$6,326,403.41	$0.00	($3,907,787.43)	$72,119,016.52
System	$1,509,222,924.00	$733,099,189.70	$681,753,139.66	$0.00	($135,065,166.08)	$2,789,010,087.28

Gambar 4.6 Hasil pembagian biaya *Net present cost*

Untuk menghitung nilai *net present cost* dapat menggunakan rumus pada persamaan 2-1

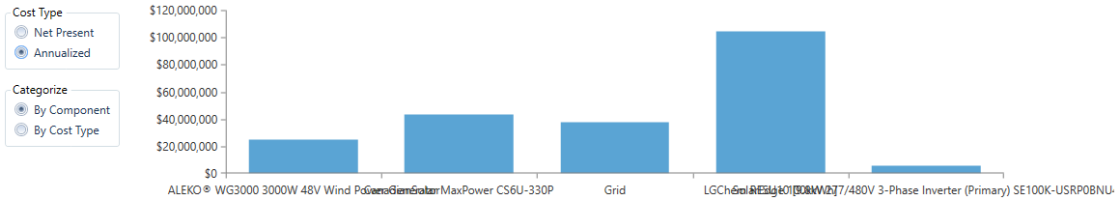
$$NPC = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - salvage$$

= Rp.1.509.222.924 + Rp.733.099.189 + Rp.681.753.139 + Rp.0 – Rp.135.065.166

= Rp.2.789.010.086

4.3.5 *Annualized cost* (AC)

Annualized cost digunakan untuk mengetahui total biaya tahunan yang akan dikeluarkan dari sistem PLTH. Total biaya tahunan yang dikeluarkan dari sistem PLTH sebesar Rp.215.742.140. Nilai *annualized cost* akan digunakan untuk mengetahui nilai *Cost of* energi. Pembagian biaya tahunan komponen dari desain sistem dapat dilihat pada Gambar 4.7



Component	Capital ($)	Replacement ($)	O&M ($)	Fuel ($)	Salvage ($)	Total ($)
ALEKO® WG3000 3000W 48V Wind Power Generator	$19,602,755.34	$6,249,502.48	$2,534,149.44	$0.00	($3,521,995.44)	$24,864,411.82
CanadianSolar MaxPower CS6U-330P	$38,058,155.88	$0.00	$4,919,974.00	$0.00	$0.00	$42,978,129.88
Grid	$0.00	$0.00	$37,644,361.54	$0.00	$0.00	$37,644,361.54
LGChem RESU10 [9.8kWh]	$55,298,559.27	$48,852,828.00	$7,148,730.00	$0.00	($6,623,601.99)	$104,676,515.28
SolarEdge 100kW 277/480V 3-Phase Inverter (Primary) SE100K-USRP0BNU4	$3,785,529.87	$1,606,101.25	$489,375.00	$0.00	($302,284.47)	$5,578,721.66
System	$116,745,000.35	$56,708,431.74	$52,736,589.98	$0.00	($10,447,881.89)	$215,742,140.17

Gambar 4.7 Pembagian biaya tahunan komponen

Untuk menghitung nilai *annualized cost* dapat menggunakan rumus pada Persamaan 2-3

$$AC = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - salvage$$

= Rp.116.745.000 + Rp.56.708.431 + Rp.52.736.589 + Rp.0 – Rp.10.447.881

= Rp.215.742.140

4.3.6 *Cost of* energi (COE)

Cost of energi dihitung untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per 1 kWh dari desain sistem. Cost of energi yang dihasilkan dari simulasi sistem *hybrid* menggunakan HOMER sebesar Rp.980,45/kWh. Untuk menghitung nilai *Cost of* energi yang dihasilkan dari sistem dapat menggunakan rumus pada persamaan 2-4

$$COE = \frac{Total\ AC}{Energi\ total\ produksi\ sistem}$$

$$= \frac{Rp.215.742.140}{221.866\ kWh}$$

= 972 per kWh

Berdasarkan perhitungan *cost of* energi diatas diketahui besaran biaya yang dikeluarkan per kWh sebesar Rp. 972/kWh. Hasil optimasi pada *software* HOMER dan perhitungan terjadi perbedaan biaya yang dikeluarkan per kWh sebesar Rp.8.

4.3.7 *Renewable penetration*

Renewable penetration digunakan untuk mengetahui kinerja dari turbin angin dan *solar cell* dalam menghasilkan energi listrik. Untuk mengetahui kinerja dari turbin angin dan *solar cell* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2-5. Jumlah energi listrik yang dihasilkan dari komponen energi terbarukan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Energi listrik yang dihasilkan dari komponen energi terbarukan

Komponen	Produksi (kWh)
Canadian solar maxpower CS6U-330P	91.058
AWG HC 3,3 kW wind turbine	97.024
Total	188.082

$$RP = \frac{E_{tot.RES}}{E_{tot.sys}} * 100\%$$

$$= \frac{188.082}{221.866} \times 100\%$$

= 84,77 = 84,8%

Berdasarkan perhitungan *renewable penetration* tingkat kinerja komponen pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebesar 84,8% dalam menghasilkan energi listrik dari total keseluruhan energi listrik yang dihasilkan. Matrik energi *renewable penetration* dari sistem PLTH dapat dilihat pada Gambar 4.8

Energy-based metrics	Value	Units
Total renewable production divided by load	85.5	%
Total renewable production divided by generation	84.8	%
One minus total nonrenewable production divided by load	100	%

Gambar 4.8 Matrik *renewable penetration*

4.4 Sektor penggunaan energi listrik dari sistem PLTH

Energi listrik yang dihasilkan dari sistem PLTH, selain digunakan untuk kebutuhan energi listrik masyarakat Dusun Wonoroto juga digunakan untuk kebutuhan wisatawan yang datang di objek wisata yang terletak di Desa Gadingsari, Bantul seperti penyediaan fasilitas *charging station* di tempat wisata-wisata yang ada di Desa Gadingsari. Penyediaan fasilitas *charging station* ini bertujuan untuk membantu para wisatawan untuk melakukan pengisian daya baterai barang-barang elektronik seperti HP, baterai kamera, dan *power bank*. Selain itu dengan adanya *charging station* di area wisata Desa Gadingsari dapat menambah pendapatan ekonomi dari penjualan energi listrik selain penjualan ke masyarakat.

4.5 *Payback period*

Sebelum menentukan nilai *payback period*, terlebih dahulu menghitung jumlah pendapatan pertahun dari sistem. Jumlah pendapatan pertahun dapat diketahui dengan mengkalikan jumlah produksi energi listrik yang dihasilkan dengan harga jual energi listrik terbarukan. Harga jual energi listrik terbarukan untuk wilayah Jawa secara keseluruhan sebesar Rp.911 per kWh[14], sehingga pendapatan per tahun yang dihasilkan pembangkit sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{Total produksi energi} \times \text{harga jual listrik} \\ &= 221.866 \times 911 \\ &= 202.119.926{,}00 \text{ per tahun.} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui pendapatan yang diperoleh per tahun, kemudian menghitung nilai *payback period*. Untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal biaya pembangunan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2-7

$$\begin{aligned} \textit{Payback period} &= \frac{\textit{modal biaya}}{\textit{pendapatan}} \\ &= \frac{2.789.010.086}{202.119.926} \\ &= 13 \text{ tahun } 8 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal biaya yang dikeluarkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga hibrid di Dusun Wonoroto selama 13 tahun 8 bulan.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Total energi listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebagai penyedia cadangan energi listrik masyarakat sebesar 221.866 kWh per tahun.
2. Energi listrik yang dihasilkan dari desain sistem PLTH mencukupi penggunaan energi listrik masyarakat Dusun Wonoroto.
3. Pembangkit listrik tenaga *hybrid* (bayu-*solar cell*) layak untuk dibangun sebagai penyedia cadangan energi listrik masyarakat Dusun Wonoroto karena jumlah energi listrik yang dihasilkan lebih besar dari penggunaan energi listrik masyarakat sebesar 110.235 kWh per tahun dan waktu pengembalian modal pembangunan pembangkit kurang dari waktu perencanaan *project*.
4. Pembangkit listrik tenaga *hybrid* (bayu-*solar cell*) dapat mensuplai energi terbarukan sebesar 84,8% dari total energi listrik yang dihasilkan.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan menggunakan jumlah data yang lebih banyak dari data yang digunakan pada penelitian ini dan untuk lokasi menggunakan lokasi yang lebih luas misalkan 1 desa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tangirala Venkat K. (2017) "*Solar Wind, Hybrid Renewable Energy Systems*", *Publisher* : *IEEE*, India Info. Vol.12 No.2 Apr-Jun.

[2] Andri Suherman dkk. (2017) "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid*a Di Pulau Panjang", *Gravity*: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika, Hal. 1 Vol.3 No.1.

[3] Kunaifi. (2010) "Program HOMER untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik *Hybrid*a di Provinsi Riau", Seminar Nasional Informatika, UPN "Veteran" Yogyakarta, ISSN: 1979-2328, 22.

[4] Arota Anjas S., Kolibu Hesky S., Lumi Benny M. (2013) "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin dan Matahari) Menggunakan *Hybrid Optimization Model For Electric Renewable* (HOMER)", Jurnal MIPA UNSRAT *online* 2(2), *Published by* FMIPA UNSRAT, Manado, Hal. 145-150.

[5] Aziz Saleh Ali dkk. (2018) "*Feasibility Analysis Of PV/Wind/Battery Hybrid Power Generation*", *A Case Study, International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.8 No.2.

[6] Lambert T., Gilman P., Lilienthal P. (2006) "*Micropower* Sistem *Modeling With Homer*", *Integration Of Alternative Sources Of* Energi, *by* Felix A., Farret *and* M. Godoy Simoes., John Wiley *and Sons, Inc*, Hal. 379-397.

[7] Betha Divya dkk. (2017) "*Design and Control of Grid Connected PV/Wind Hybrid System Using* 3 Level VSC", *Publisher* : *IEEE*, *International Advance Computing Conference* (IACC), India.

[8] Wei Tong. (2010) "*Wind Power Generation and Wind Turbine Design*", Kollmorgen Corp., USA, *Published by* WIT Press Southampton, Boston, Hal. 15-16.

[9] Y. Daryanto. (2017) "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu" , Balai PPTAG-UPT-LAGG, Yogyakarta, Hal. 15, 05.

[10] Tan D., Seng Ang K. (2011) "*Handbook For Solar Photovoltaic* (PV) *System*", *Published by Energy Market Authority, Building and Construction Authority*, Singapura, ISBN: 978-981-08-4462-2, Hal. 4-7.

[11] Foster R., Ghassemi M., Cota A. (2010) "*Solar Energy* : *Renewable Energy and The Environment*", Boca Raton, FL : CRC Press, Taylor & Francis Group, New York.

[12] Harga listrik PLN per kWh, (On-line) *Available* at http://www.pln.co.id/statics/upload/2017/6/PERMEN-ESDM-No-28-Tahun-2016.

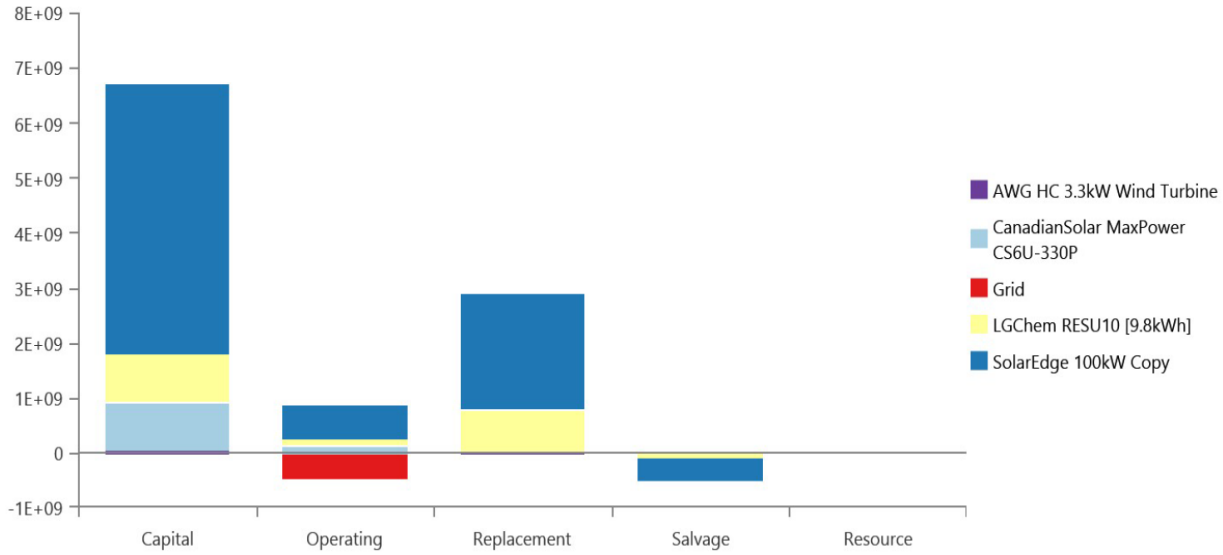
[13] M. Saifi. “Analisis Kelayakan Investasi Atas Rencana Penambahan Aktiva Tetap (Studi kasus pada PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Cabang Tanjung Perak Terminal”, vol. 46, no. 1.

[14] Kementerian ESDM. (2017) “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tahun 2017”. Indonesia.

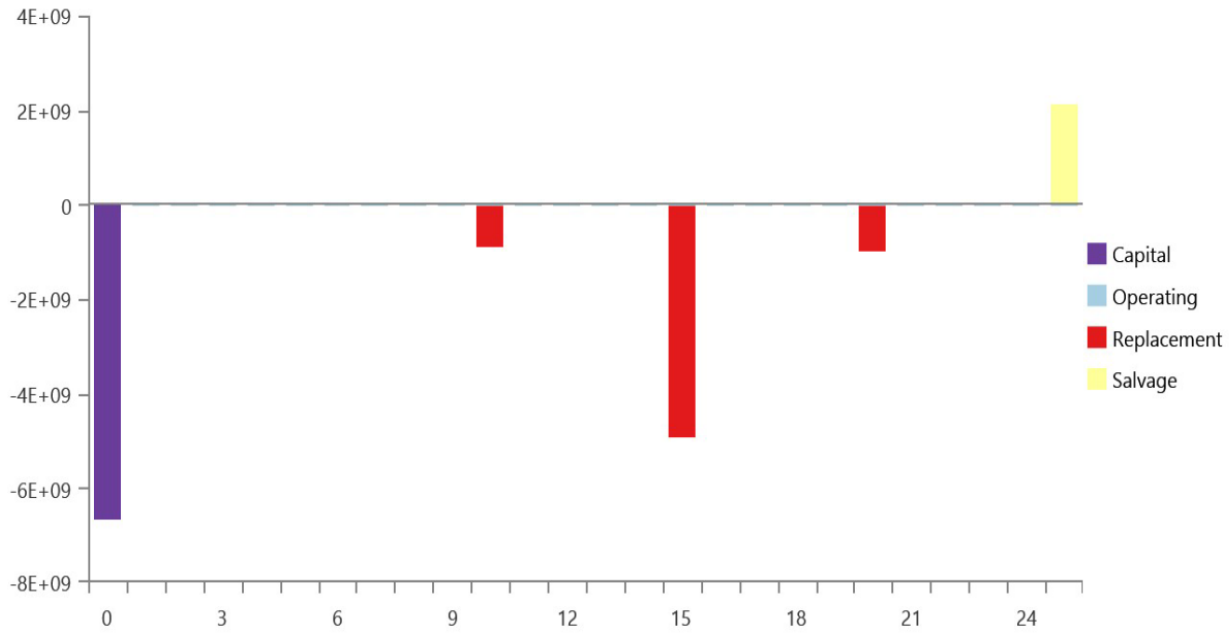
LAMPIRAN

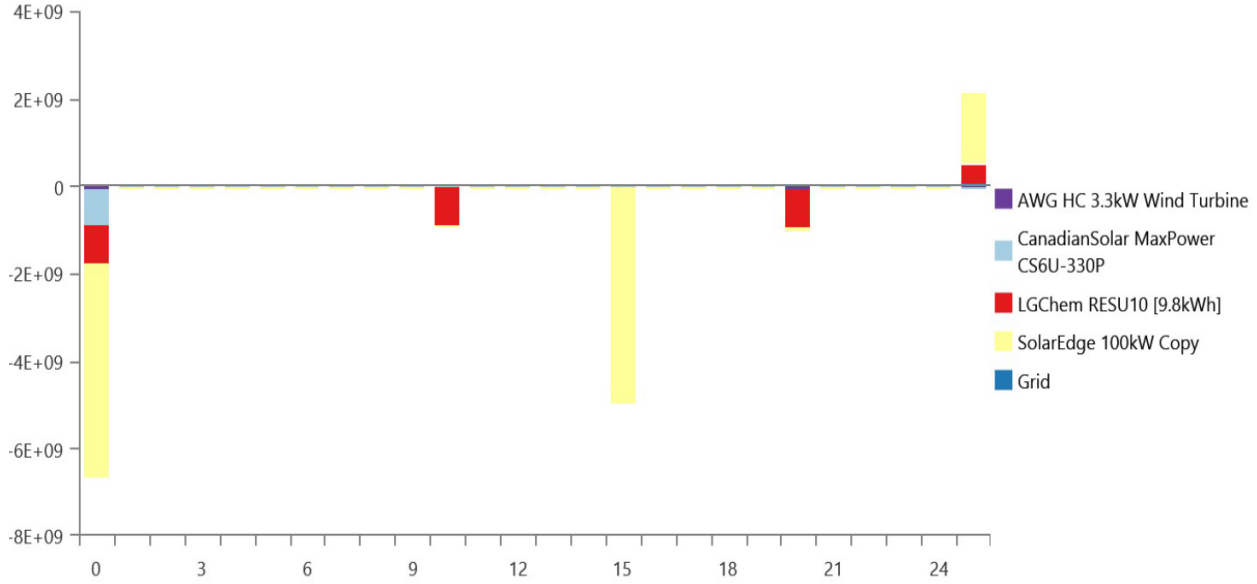
Component	Name	Size	Unit
PV	CanadianSolar MaxPower CS6U-330P	90,0	kW
Storage	LGChem RESU10 [9.8kWh]	10	strings
Wind turbine	AWG HC 3.3kW Wind Turbine	3	ea.
System converter	SolarEdge 100kW Copy	100	kW
Grid	Grid	999.999	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

Cost Summary



Cash Flow





	No	Daya	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
3	1	450	132	126	125	115	114	117	104	115	117	125	110	100
4	2	450	99	96	108	95	98	106	95	108	106	106	111	116
5	3	450	46	61	60	63	64	70	62	79	69	71	73	68
6	4	450	93	90	95	83	89	83	72	75	68	78	128	106
7	5	450	142	132	135	121	134	127	122	132	125	127	121	115
8	6	450	33	31	29	32	30	32	28	47	48	49	49	51
9	7	450	105	125	142	140	131	107	151	157	161	165	147	105
10	8	450	92	94	97	78	83	83	87	108	111	95	83	89
11	9	450	65	57	60	62	64	61	52	54	54	59	60	62
12	10	450	92	71	64	57	63	70	64	72	62	80	104	87
13	11	450	78	78	82	80	79	86	75	90	88	84	82	84
14	12	450	80	75	78	63	53	67	72	84	78	82	73	73
15	13	450	100	88	82	87	82	83	67	90	102	114	115	104
16	14	450	146	177	177	159	146	157	159	181	170	167	138	106
17	15	450	140	159	168	155	142	167	163	183	198	178	165	144
18	16	450	190	181	188	176	184	196	180	197	185	196	194	182
19	17	450	119	89	52	38	53	45	38	42	40	42	51	51
20	18	450	169	160	179	180	183	182	167	205	218	220	220	148
21	19	450	117	92	117	101	75	113	88	106	99	120	118	117
22	20	450	61`	64	55	57	45	59	58	46	38	50	46	52
23	21	450	19	17	19	17	15	22	20	20	22	22	21	22
24	22	450	110	134	183	184	155	189	184	254	238	234	149	112
25	23	450	52	47	60	60	61	64	58	76	74	85	83	82
26	24	450	136	136	140	95	40	15	11	31	53	69	60	58
27	25	450	102	116	117	103	105	100	89	110	116	116	99	85
28	26	450	30	27	22	15	26	13	7	9	8	3	7	7
29	27	450	87	87	88	87	88	85	81	91	91	92	91	82
30	28	450	137	141	154	134	147	173	164	188	167	157	144	150
31	29	450	114	133	145	141	142	143	134	144	139	147	129	91
32	30	450	73	78	88	80	80	91	93	111	101	91	90	87
33	31	450	23	20	33	31	26	36	24	31	33	30	61	47
34	32	450	51	50	58	39	35	34	32	37	36	48	58	36
35	33	450	61	81	78	65	53	71	68	77	74	75	77	57
36	34	450	118	122	127	119	126	135	110	125	126	128	144	135
37	35	450	137	141	157	146	149	158	131	149	156	171	154	162
38	36	450	135	130	136	132	137	142	130	152	167	176	166	137
39	37	450	125	144	166	156	150	140	101	114	103	102	102	104
40	38	450	32	34	79	89	0	0	1	0	0	0	0	0
41	39	450	139	136	136	127	144	136	103	132	122	144	134	136
42	40	450	73	51	53	67	68	43	30	35	39	38	34	28

43	41	450	130	114	127	132	132	126	118	127	112	127	119	125
44	42	450	92	98	91	91	88	81	81	90	78	87	90	90
45	43	450	44	47	48	46	56	53	44	42	38	40	40	44
46	44	450	39	43	48	35	37	38	57	65	57	69	63	125
47	45	450	50	43	43	41	44	44	41	41	41	43	44	46
48	46	450	50	43	43	41	44	44	41	41	41	43	44	46
49	47	450	92	85	87	79	85	63	66	69	64	73	71	83
50	48	450	70	70	66	68	70	69	68	70	70	80	83	76
51	49	450	135	141	151	157	156	162	179	178	155	199	183	207
52	50	450	117	132	113	115	124	107	121	111	95	97	96	104
53	51	450	158	200	176	172	185	149	163	150	143	157	158	154
54	52	450	64	101	127	123	111	106	120	111	134	139	123	128
55	53	450	43	51	48	43	46	44	54	52	50	48	47	49
56	54	450	62	76	72	64	59	51	59	58	52	59	61	56
57	55	450	72	98	86	77	72	74	96	104	105	105	102	111
58	56	450	109	114	137	175	159	117	134	133	122	116	97	92
59	57	450	84	93	87	81	79	74	79	76	90	91	82	67
60	58	450	88	91	82	77	90	73	86	88	83	82	75	76
61	59	450	60	59	62	58	57	53	53	56	55	62	62	63
62	60	450	52	48	50	44	48	44	48	48	46	49	56	55
63	61	450	56	36	64	62	70	65	64	73	49	53	55	57
64	62	450	80	91	91	81	73	94	90	96	71	84	77	80
65	63	450	72	57	69	64	53	36	76	82	61	57	54	58
66	64	450	73	71	68	51	63	56	34	37	60	42	69	53
67	65	450	88	75	73	71	94	91	84	88	96	89	85	67
68	66	450	186	161	173	161	143	151	139	151	162	145	147	142
69	67	450	124	129	134	136	125	110	124	120	122	122	130	127
70	68	450	36	34	36	39	36	51	58	56	59	55	52	58
71	69	450	81	70	76	79	85	86	79	86	87	96	92	86
72	70	450	79	75	76	77	78	78	69	80	77	76	73	68
73	71	450	52	52	48	47	54	62	63	84	65	59	62	63
74	72	450	11	13	14	9	9	7	8	9	7	10	11	8
75	73	450	61	59	57	57	57	63	55	66	84	71	72	65
76	74	450	37	35	37	36	34	38	36	41	48	56	49	43
77	75	450	76	77	83	80	72	68	57	60	55	71	70	68
78	76	450	56	67	68	58	59	52	51	58	53	40	39	47
79	77	450	98	58	48	63	77	84	90	72	55	57	50	50
80	78	450	108	99	99	94	103	84	72	78	61	79	77	74
81	79	900	60	51	68	60	63	64	47	57	61	60	75	98

82	80	900	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
83	81	900	91	91	87	94	83	94	85	94	84	82	89	96
84	82	900	67	57	65	60	45	39	38	39	35	33	36	32
85	83	900	79	92	87	72	71	61	76	73	68	94	97	81
86	84	900	89	92	101	109	100	111	109	106	57	58	57	84
87	85	900	101	75	83	73	79	86	82	70	80	87	90	95
88	86	900	87	85	89	75	78	88	86	76	94	86	100	115
89	87	900	82	99	90	98	93	89	74	87	83	87	87	81
90	88	900	63	71	54	36	36	43	48	66	75	75	91	83
91	89	900	82	73	88	82	94	84	77	89	85	85	80	58
92	90	900	92	96	36	111	94	113	106	77	63	92	96	36
93	91	900	99	88	89	78	83	92	85	99	92	101	90	85
94	92	900	105	105	104	106	111	109	87	104	90	119	112	96
95	93	900	17	18	21	18	25	22	79	181	190	175	193	166
96	94	900	144	152	140	146	158	171	197	203	155	163	177	181
97	95	900	182	157	161	172	175	167	180	178	160	170	188	144
98	96	900	127	128	121	123	115	121	103	128	140	128	124	104
99	97	900	67	119	115	119	122	145	127	160	153	154	155	163
100	98	900	127	126	141	139	108	126	107	109	118	121	117	123
101	99	1300	289	243	275	244	211	211	251	128	52	183	207	234
102	100	1300	185	206	182	198	207	198	260	295	268	308	279	275
103		Jumlah kWh	9048	9137	9423	9062	8873	8919	8772	9559	9144	9661	9527	9055

Daya	Pemakaian Listrik Masyarakat Setahun (kWh)
1300	5.389
900	22.648
450	82.198
Total Pemakaian Energi Listrik Masyarakat Setahun	110.235

Daya (VA)	Jumlah Rumah (Unit)	Jumlah Daya (VA)
1300	2	2.600
900	20	18.000
450	78	35.100
Total Daya Terpasang		55.700



ALEKO® WG3000 3000W 48V WIND POWER GENERATOR; WIND GENERATOR ONLY CALL FOR AVAILABILITY

$1,499.00

1 Add to cart

SKU: wg3000wgo Category: Wind Power

SolarEdge 100kW 277/480V 3-Phase Inverter (Primary) SE100K-USRP0BNU4



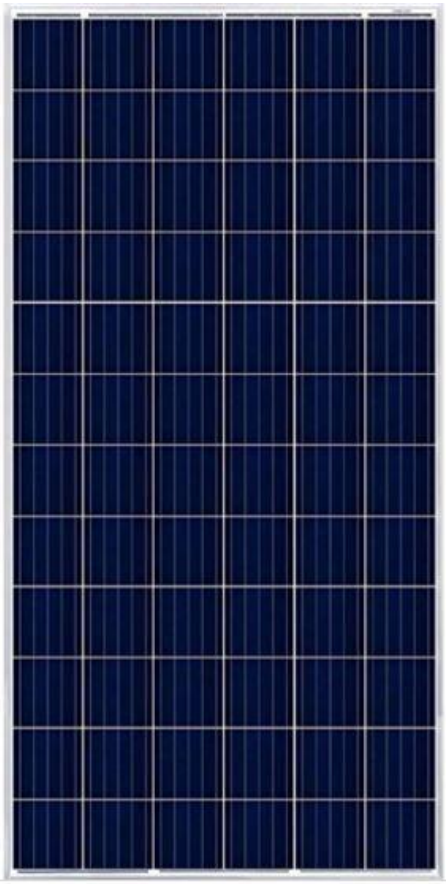
CS Part #:	cs-302321
Mfr. Part #:	SE100K-USRP0BNU4
Manufacturer:	SolarEdge
Category:	Inverters
Min Qty:	1
Bundle Size:	1
Unit Price:	$3,262.50
Ext Price:	$3,262.50
$/W:	$0.033

QUANTITY: 1 +

Add to Order | Submit Order

Get Shipping Quote

Apply Now for Dealer Pricing



CANADIAN SOLAR MAXPOWER CS6U-330P 330W SOLAR PANEL

HOME > SOLAR PHOTOVOLTAIC (PV) > SOLAR PHOTOVOLTAIC PANELS (PV) > CANADIAN SOLAR MAXPOWER CS6U-330P 330W SOLAR PANEL

£159.90

- Rating: 330 W
- Efficiency: 16.97 %
- Width: 992 mm
- Height: 1,960 mm
- USA Custom Duties PAID

SEND AN INQUIRY

In stock

QUANTITY:

- 1 + ADD TO CART

SHARE



LG Chem RESU 10 - 48V lithium-ion storage battery

★★★★★ Be the first to review this product

SKU: LG Chem RESU 10 - 48V lithium-ion battery

€4,438.00

Availability: In stock

* Required Fields

Delivery *

European delivery + €89.00

International delivery + €490.00

VAT/Tax for Customers: *

-- Please Select --

Add to Cart Qty: 1

Data sheet turbin angin

Technical specification	
Performance	
Rated power	2000W @11m/s
Peak power	3000W
Start-up wind speed	3m/s
Working wind speed	3.5-25m/s
Survival wind speed	40m/s
Rotor	
Rotor diameter	3.2m
Swept area	$8.04m^2$
Blade	3pcs reinforced fiber glass
Blade length	154cm
Shell material	precision steel
Rated RPM	380
Weight	75KG
Others	
Generator type	3-phase AC PM, gearless
Speed regulation & protection	yawing + electromagnetic brake
Rated voltage	DC 48-300V
Suggested battery capacity	4pcs 200AH/12VDC
Tower type	6~12m guyed cable / 7~15m free standing
Working temperature	-40-60℃

Data sheet *solar cell*

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500 V (IEC) or 1500 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40 mm (77.2 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	PV1500DC-F1 4 mm² (IEC) & 12 AWG 2000 V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 A

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

Data sheet baterai

48V



Models		RESU3.3	RESU6.5	RESU10
Total Energy [kWh]		3.3	6.5	9.8
Usable Energy [kWh]		2.9	5.9	8.8
Capacity [Ah]		63	126	189
Nominal Voltage [V]		51.8	51.8	51.8
Voltage Range [V]		42.0~58.8	42.0~58.8	42.0~58.8
Max Power [kW]		3.0	4.2	5.0
Peak Power [kW] (for 3 sec.)		3.3	4.6	7.0
Dimension [W x H x D, mm]		452 x 401 x 120	452 x 654 x 120	452 x 483 x 227
Weight [kg]		31	52	75
Enclosure Protection Rating		IP55		
Communication		CAN 2.0 B		
Certificates	Cell	UL1642		
	Product	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM		

Data sheet konverter

General Information

Category: Three-phase Grid tied

Type: String Inverter

Topology: Transformerless

Electrical Specifications

CEC Efficiency: 98.50%

Recommended PV Input (STC): 850 Watts

Maximum DC Input Voltage: 1000.00 Volts

Maximum DC Input Current: 120.00 Amps

AC Voltages: 277 Volts
480 Volts

AC Frequencies: 60Hertz

Continous AC Power Output: 100000 Watts

Min Operating Voltage: 422.50 Volts

Max Operating Voltage: 529.00 Volts

Mechanical Data & Components

Enclosure Ratings: NEMA 3R

Dimensions: 12.5 × 10.5 × 37 in

Weight: 105.8 lb