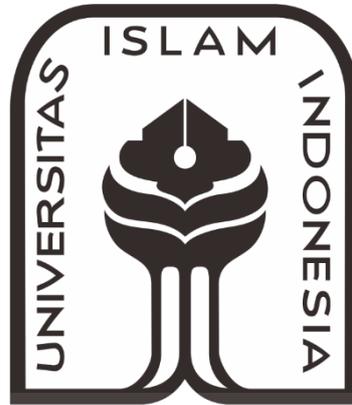


**ANALISIS POTENSI PLTH (ANGIN DAN SURYA) DI PANTAI LOSARI MAKASSAR
MENGUNAKAN *HOMER***

SKRIPSI



Disusun oleh:

Arie Asngari Ade Putra

15524072

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS POTENSI PLTH (ANGIN DAN SURYA) DI PANTAI LOSARI MAKASSAAR DENGAN MENGGUNAKAN HOMER

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:

Arie Asngari Ade Putra

15524072



Yogyakarta, -April-2020

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng

155240103



Husein Mubarak, S.T., M.Eng

155241305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS POTENSI PLTH (ANGIN DAN SURYA) DIPANTAI LOSARI
MAKASSAR MENGGUNAKAN HOMER**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Arie Asngari Ade Putra 15524072

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 09 Oktober 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji

: Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng.

22

Anggota Penguji 1

: Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.

Anggota Penguji 2

: Alvin Sahroni, S.T., M.Eng., Ph.D.

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

Tanggal: 08 Desember 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

045240101

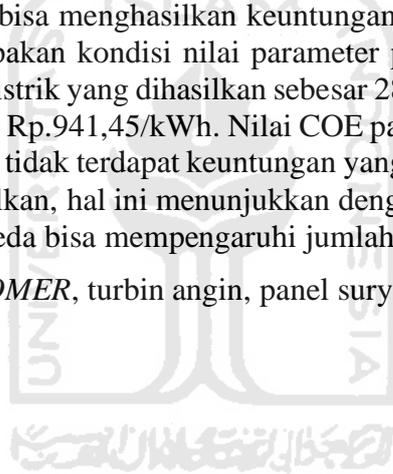
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTH	Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
<i>HOMER</i>	<i>Hybrid Optimization of Multiple Energy Resource</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
NPC	<i>Net Present Cost</i>
COE	<i>Cost of Energy</i>
O&M	<i>Operating and Maintenance</i>
DOA	<i>Days of Autonomy</i>
DOD	<i>Dept of Discharge</i>
RP	<i>Renewable Penetration</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
V	Volt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Hours
W	Watt
Wh	Watt Hour
m/s	Meter/Sekon
m ²	Meter Persegi
m ³	Meter Kubik
Rp	Rupiah
Kg	Kilogram
CDM	<i>Clean Development Mechanism</i>
AC	<i>Air Conditioner</i>

ABSTRAK

Kota Makassar merupakan ibukota Sulawesi Selatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan kebutuhan energi listrik yang banyak. Menurut Kementerian Sumber Daya Mineral Sulawesi Selatan pada tahun 2014, cadangan energi fosil di Sulawesi Selatan masih belum banyak ditemukan sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi harus mengimpor dari luar provinsi. Neraca energi menunjukkan kebutuhan energi primer lebih besar daripada produksi energi primer, hal ini membuat Sulawesi Selatan masih sangat bergantung pada ketahanan energi nasional. Dalam rangka mengurangi ketergantungan dan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil, maka dirancang pembangkit listrik tenaga hibrida dengan memanfaatkan potensi energi matahari dan angin yang terdapat di wilayah pantai Losari. Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan sistem pembangkit listrik hibrida yang efisien sebagai pembangkit alternatif dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di sekitar pantai Losari. Penelitian menggunakan program *HOMER* dalam merancang sistem PLTH. Berdasarkan indikator yang akan dianalisis yaitu dari segi ekonomi, *net present cost* (NPC) dan *cost of energy* (COE), serta dari segi kelistrikan. Penelitian ini menganalisis skenario optimis dan pesimis sebagai bahan pertimbangan dalam mengembangkan PLTH *on grid* di pantai Losari. Skenario optimis merupakan kondisi potensi energi terbarukan sesuai dengan perkiraan NASA yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 386.832 kWh/tahun dengan NPC Rp.1.929.310.277,06 dan COE Rp.408,23/kWh, pada skenario optimis PLTH *on grid* bisa menjual listrik ke PLN sebesar 264.586 kWh/tahun dengan harga jual listrik ke PLN Rp.900/kWh maka sistem menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 1.323.576.153,44. Sedangkan skenario pesimis merupakan kondisi nilai parameter potensi energi terbarukan lebih kecil dari perkiraan NASA, energi listrik yang dihasilkan sebesar 287.142 kWh/tahun dengan NPC sebesar Rp.3.318.246.000 dan COE Rp.941,45/kWh. Nilai COE pada skenario pesimis lebih besar dari harga jual listrik PLN sehingga tidak terdapat keuntungan yang bisa diperoleh ketika menjual kelebihan energi listrik yang dihasilkan, hal ini menunjukkan dengan parameter beban yang sama tapi potensi energi terbarukan berbeda bisa mempengaruhi jumlah energi listrik yang dihasilkan.

Kata kunci: Energi Terbarukan, *HOMER*, turbin angin, panel surya, *clean energy*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
PERNYATAAN.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Studi Literatur.....	4
2.2 Tinjauan Teori	5
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH).....	5
2.2.2 Panel Surya	6
2.2.3 Potensi Energi Surya di Pantai Losari.....	7
2.2.4 Turbin Angin.....	7
2.2.5 Syarat Kecepatan Angin	9
2.2.6 Potensi Energi Angin di Pantai Losari	10
2.2.7 Baterai.....	10
2.2.8 Konverter.....	11

2.2.9	<i>Net Present Cost (NPC)</i>	11
2.2.10	<i>Cost of Energy (COE)</i>	12
2.2.11	<i>Renewable Penetration</i>	12
2.2.12	<i>HOMER</i>	12
BAB III METODOLOGI		14
3.1	Alat dan Bahan	14
3.2	Alur Penelitian.....	14
3.3	Lokasi Penelitian	15
3.4	Perancangan Simulasi	16
3.4.1	Potensi Energi Terbarukan	17
3.4.2	Data Beban.....	19
3.4.3	Konfigurasi Panel Surya.....	23
3.4.4	Konfigurasi Turbin Angin.....	23
3.4.5	Konfigurasi Baterai.....	24
3.4.6	Konfigurasi Konverter.....	25
3.4.7	<i>Grid</i>	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil Analisis	27
4.2	Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin dan Surya)	27
4.3	Analisis Nilai Ekonomis dan Elektris.....	28
4.3.1	Skenario Jaringan PLN.....	28
4.3.2	Skenario Optimis PLTH <i>On Grid</i>	30
4.3.3	Skenario Pesimis PLTH <i>On Grid</i>	31
4.3.4	Perbandingan Skenario.....	33
BAB V KESIMPULAN		36
1.1	Kesimpulan.....	36
1.2	Saran	36

DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin dan Surya)	5
Gambar 2.2 Panel Surya [13].....	6
Gambar 2.3 Peta Intensitas Radiasi Matahari [14].....	7
Gambar 2.4 Angin Laut dan Angin Darat [16].....	8
Gambar 2.5 Turbin Angin Horizontal dan Vertikal [17].....	8
Gambar 2.6 Peta Potensi Kecepatan Angin Indonesia [21].....	10
Gambar 2.7 Tampilan Awal <i>HOMER</i>	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Kawasan Pantai Losari	15
Gambar 3.3 Alur Perancangan <i>HOMER</i>	16
Gambar 3.4 Skematik Perancangan <i>HOMER</i>	17
Gambar 3.5 Potensi Radiasi Matahari Pantai Losari.....	18
Gambar 3.6 Potensi Kecepatan Angin Pantai Losari	18
Gambar 3.7 Potensi Radiasi Matahari Simulasi Pesimis.....	19
Gambar 3.8 Potensi Kecepatan Angin Simulasi Pesimis	19
Gambar 3.9 Data Beban Pantai Losari pada <i>HOMER</i>	22
Gambar 3.10 Konfigurasi Panel Surya.....	23
Gambar 3.11 Konfigurasi Turbin Angin	24
Gambar 3.12 Konfigurasi Baterai	24
Gambar 3.13 Konfigurasi Konverter.....	25
Gambar 3.14 Konfigurasi <i>Grid</i>	26
Gambar 4.1 Hasil Skenario Jaringan PLN.....	27
Gambar 4.2 Hasil Skenario Optimis PLTH <i>On Grid</i>	28
Gambar 4.3 Hasil Skenario Pesimis PLTH <i>On Grid</i>	28
Gambar 4.4 <i>Net Present Cost</i> Sistem Skenario Jaringan PLN	29
Gambar 4.5 <i>Net Present Cost</i> Sistem Skenario Optimis PLTH <i>On Grid</i>	30



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam.....	9
Tabel 3.1 Data Beban Jam 00.00-02.00.....	20
Tabel 3.2 Data Beban Jam 02.00-06.00.....	20
Tabel 3.3 Data Beban pukul 08.00-11.00.....	20
Tabel 3.4 Data Beban Jam 12.00-17.00.....	21
Tabel 3.5 Data Beban Jam 17.00-24.00.....	21
Tabel 3.6 Data Beban Jam 00.00-24.00.....	21
Tabel 3.7 Pola Pemakaian Listrik dalam 1 Hari	21
Tabel 4.1 <i>Annualize Cost</i> dan Konsumsi Listrik Skenario Jaringan PLN.....	29
Tabel 4.2 Produksi Listrik Skenario Jaringan PLN.....	30
Tabel 4.3 <i>Annualize Cost</i> dan Konsumsi Skenario Optimis PLTH <i>On Grid</i>	31
Tabel 4.4 Produksi Listrik Skenario Optimis PLTH <i>On Grid</i>	31
Tabel 4.5 <i>Annualize Cost</i> dan Konsumsi Skenario Pesimis PLTH <i>On Grid</i>	32
Tabel 4.6 Produksi Listrik Skenario Pesimis PLTH <i>On Grid</i>	33
Tabel 4.7 Perbandingan PLTH <i>On Grid</i> Skenario Optimis dan Skenario Pesimis dari Segi Elektris maupun Ekonomis	33
Tabel 4.8 Perbandingan Emisi Skenario Optimis dan Pesimis Sistem PLTH <i>On Grid</i>	Error!

Bookmark not defined.

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 di atas.



Yogyakarta, 15 Juni 2020

Arie Asngari Ade Putra

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas puja dan puji penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro Starata 1 (S1) Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. Juga shalawat dan salam untuk Nabi Muhammad SAW

Selama menyelesaikan penyusunan skripsi ini penulis telah banyak bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang turut membantu:

1. Kedua orang tua, Alm. Abd. Rachmin dan Sri Megawati, dan saudara-saudara saya atas motivasi, saran, dan kritikan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, serta bantuan baik materiil maupun moril.
2. Ibu Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng. Selaku dosen pembimbing satu yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Husein Mubarak, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing dua saya yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini
4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah membimbing selama kuliah dari awal hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
6. Nurul Akbar Nur selaku pengelola pantai Losari yang mengizinkan dan memberikan informasi kepada penulis selama melakukan pengambilan data.
7. Rekan-rekan staff dan karyawan pengelola pantai Losari Makassar yang telah membantu, melancarkan, dan selalu memberikan motivasi kepada si penulis, semoga amal dan ibadahnya dibalas oleh Allah SWT, Amin.
8. Maulidya Agnes, Agung Atori, Reza Pahlevi, Ari Dwi Handono, Bahrul Alam Aden, Abdul Aziz Rasyidin yang selalu membantu dalam mengatasi permasalahan penulis sehingga bisa selesai dalam pengerjaan skripsi ini.

9. Saudara – saudara keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2014, 2015, dan 2016 yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat, semoga kita semua dimudahkan jalannya oleh Allah SWT untuk mencapai apa yang kita inginkan, Amin.
10. Dan banyak pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-satu disini, penulis meminta banyak terima kasih atas semua bantuan yang telah diberikan sehingga si penulis dapat melancarkan pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih ada kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT, Amin.

Wa'alaikum Salam Warahmatullahi Wabarakatuh.



Yogyakarta, 15 Juni 2020

Arie Asngari Ade Putra

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber energi fosil yang berlimpah. Data dari BPPT menyatakan bahwa cadangan energi minyak bumi 87,2 juta GWh, gas alam 48,2 miliar GWh, dan batu bara 232 miliar GWh. Cadangan energi ini bisa menjamin ketahanan energi di Indonesia selama ratusan tahun, akan tetapi jumlah permintaan energi terus meningkat 8% pertahun, sedangkan energi fosil bersifat tidak bisa didaur ulang akhirnya pemerintah mulai mengambil langkah untuk mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan di Indonesia dengan mengeluarkan aturan nomor 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi dalam rangka mencegah terjadinya kelangkaan energi fosil akibat permintaan yang terus meningkat. Selain itu gas hasil buangan energi fosil berupa CO₂ juga bisa merusak lingkungan seperti *global warming* dan pencemaran udara [1] [2].

Energi terbarukan adalah sumber energi yang bisa didapatkan terus-menerus dari alam seperti matahari, angin, air, panas bumi, dan biomassa. Menurut Ditjen EBTKE pada tahun 2018, total potensi energi terbarukan di Indonesia adalah sebesar 442 GW sedangkan yang baru dimanfaatkan hanya sebesar 8,8 GW, padahal kelebihan dari energi terbarukan ini lebih efisien dibandingkan energi fosil dalam menghasilkan energi listrik dan juga ramah lingkungan, sehingga energi terbarukan bisa menjadi solusi dalam menghadapi kelangkaan energi fosil dan mencegah pencemaran lingkungan [3].

Pada tahun 2014 menurut Dinas Energi Sumber Daya Mineral Sulawesi Selatan, cadangan energi fosil belum banyak ditemukan di Sulawesi Selatan sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi pemerintah harus impor dari luar provinsi. Neraca energi menunjukkan produksi energi primer lebih kecil dari kebutuhan energi primer, kebutuhan energi primer di provinsi Sulawesi Selatan adalah sebesar 17.000 SBM disuplai dari potensi lokal sebesar 3.000 SBM dan 14.000 SBM harus impor dari luar provinsi. Sulawesi Selatan masih sangat bergantung dengan ketahanan energi fosil nasional karena pembangkit listrik di Sulawesi Selatan masih didominasi oleh pembangkit listrik konvensional berbahan bakar fosil, maka untuk menghentikan ketergantungan ini pemerintah kota Makassar perlu mengembangkan energi terbarukan sebagai alternatif memenuhi kebutuhan listrik masyarakat [4].

Makassar adalah salah satu kota dengan kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga permintaan kebutuhan energi listrik juga besar. Pada tahun 2014 konsumsi energi listrik 1.674 Juta kWh dan diproyeksi pada tahun 2037 kebutuhan energi listrik Makassar mencapai 11.014,93 juta

kWh, sedangkan kapasitas pembangkit listrik yang terpasang saat ini sebesar 1.622 MW dengan produksi 1.872 Juta kWh yang didominasi oleh pembangkit listrik konvensional, sehingga dalam rangka menjalankan aturan pemerintah nomor 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi dalam rangka menghentikan ketergantungan terhadap energi fosil dan menjaga lingkungan pemerintah perlu mengembangkan pembangkit listrik energi terbarukan secara bertahap untuk wilayah kota Makassar [5].

Kota Makassar terkenal dengan objek wisata pantai, salah satunya pantai Losari yang terletak di $5^{\circ}08'34''$ S dan $119^{\circ}24'25''$ E. Pantai Losari adalah kawasan wisata pantai yang memiliki potensi energi terbarukan yang belum dimanfaatkan, berdasarkan data dari situs NASA rata-rata kecepatan angin di pantai Losari di atas 3 m/s dan radiasi matahari di atas 5 kWh/m²/day, dengan memanfaatkan potensi ini pemerintah bisa mengurangi impor energi fosil dari luar provinsi dan membantu mengurangi biaya listrik yang selalu naik untuk para UMKM yang ada di sekitar pantai Losari. Penelitian ini akan merancang sistem PLTH menggunakan program *HOMER* sebagai proyeksi apakah PLTH angin dan surya di pantai Losari bisa dikembangkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (surya dan angin) yang ada di kawasan wisata pantai Losari?
2. Seberapa besar kontribusi PLTH *on grid* pada nilai ekonomis dan elektris untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di kawasan pantai Losari?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis pembangkit yang digunakan adalah pembangkit listrik tenaga hibrida yang memanfaatkan potensi energi angin dan matahari di kawasan wisata pantai Losari.
2. Simulasi dilakukan dengan menggunakan program *HOMER*.
3. Beban yang digunakan adalah keseluruhan perangkat listrik yang ada di kawasan wisata pantai Losari.
4. Tidak menghitung efisiensi biaya investasi.
5. Tidak membahas biaya konstruksi bangunan PLTH.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan :

1. Mengurangi pemakaian bahan bakar fosil PLN dengan memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan.
2. Mengetahui perbandingan antara sistem PLTH *on grid* dengan sistem jaringan PLN dari segi ekonomi dan elektrikal dalam memenuhi kebutuhan listrik kawasan wisata pantai Losari.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan untuk melakukan penelitian ini adalah :

1. Memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil dengan memanfaatkan potensi energi terbarukan angin dan surya di pantai Losari.
2. Memperoleh sistem PLTH yang bisa menggantikan PLN dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di kawasan wisata pantai Losari.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

H Mubarak dan M Farid telah melakukan penelitian di tahun 2019, dengan menganalisis sistem hibrida yang mengkombinasikan PLTS dan PLTB. PLTH yang dirancang berkapasitas 24,8 KW dan bisa menghasilkan energi listrik sebesar 438,073 kWh/tahun dari potensi energi angin dan surya yang ada di kawasan pantai Seruni. Sistem PLTH dihubungkan dengan *grid* agar kelebihan listrik yang tidak terpakai bisa dijual kembali ke PLN. Selain itu PLTH menjadi sistem yang lebih ramah lingkungan karena sebagian besar beban akan disuplai dari sumber energi terbarukan yaitu 79,27% [8]. Penelitian ini menjadi gambaran perancangan ketika sistem terhubung dengan *grid*.

Kemudian di tahun 2017, Triwahju Hardianto menganalisis faktor yang mempengaruhi kinerja turbin angin. Ketinggian dan lokasi penempatan turbin angin sangat menentukan energi angin yang bisa didapatkan, dengan memasang anemometer pada ketinggian 43,2 meter diperoleh kecepatan angin rata-rata sebesar 6,5 m/s sampai 7,5 m/s, sedangkan pada ketinggian 20,6 meter sebesar 5,5 m/s dan ketinggian 7,3 meter sebesar 2,5 m/s. Sehingga semakin tinggi konstruksi dari turbin angin maka kecepatan dan daya diperoleh akan semakin besar [9]. Penelitian ini menjadi acuan untuk menentukan ukuran dari turbin angin yang cocok untuk pantai Losari.

Selanjutnya Tri Suhartanto membandingkan sistem *off grid* dan *on grid*. Pada potensi kecepatan angin rata-rata 4,7 m/s dan radiasi matahari 5,368 kWh/m²/day sistem PLTH hibrida *off grid* pada penelitian ini bisa menghasilkan energi sebesar 121.239 kWh/tahun dengan kelebihan energi 94.705 kWh/tahun, NPC US\$ 307.302 dan COE US\$ 0,872. Ketika PLTH *on grid*, sistem PLTH tidak memerlukan ruang penyimpanan tambahan dan kelebihan energi listrik sebesar 94.705 kWh/tahun bisa dijual kembali ke PLN, sehingga bisa menekan nilai NPC dan COEnya, didapatkan nilai NPC US\$ 253.850 dan COE US\$ 0,720 yang berarti sistem *on grid* lebih ekonomis [10]. Penelitian ini akan menjadi acuan dalam menentukan sistem PLTH yang cocok untuk potensi energi angin dan surya di pantai Losari.

Lalu M Aji Prasetyo membahas tentang cara merancang sistem PLTH yang paling optimal dengan membandingkan 4 konfigurasi PLTH dengan kapasitas yang berbeda-beda. Untuk sistem PLTH yang paling optimal adalah konfigurasi yang memiliki NPC dan COE terendah. Sehingga dalam menentukan kapasitas PLTH sebaiknya sesuai kebutuhan beban dan potensi energi terbarukan yang ada [11]. Penelitian ini berfungsi menjadi gambaran dalam menentukan setiap kapasitas komponen yang ada pada sistem PLTH.

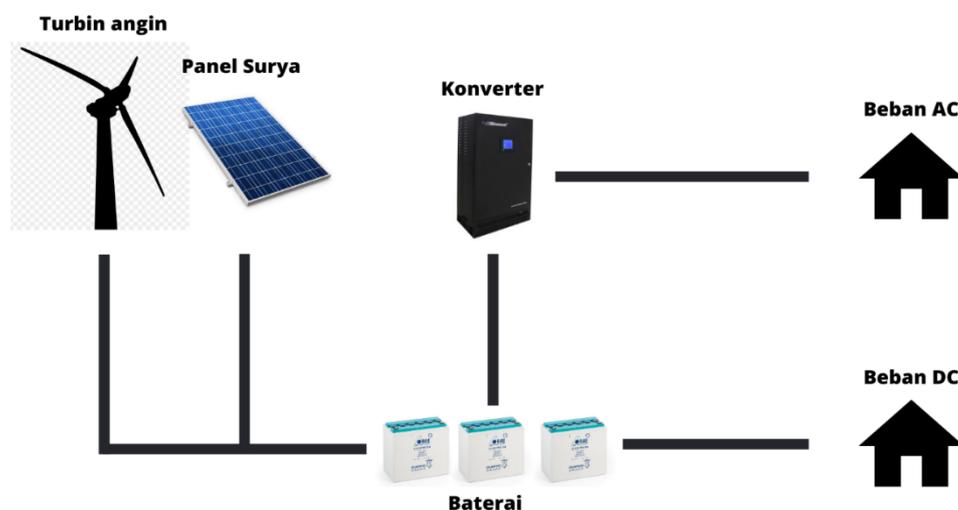
2.2 Tinjauan Teori

Di zaman modern ini berbagai aktivitas manusia memerlukan energi listrik yang membuat permintaan semakin lama semakin meningkat mengikuti laju pertumbuhan penduduk, padahal sumber energi (fossil) yang selama ini dipakai untuk membangkitkan listrik semakin menipis. Maka dari itu para peneliti mencoba mengembangkan pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti angin, air, panas bumi, matahari dan biomassa untuk menjadi solusi dari krisis energi ini, karena ketersediaan energi terbarukan ini masih sangat banyak di bumi.

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH)

Pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) adalah pembangkit energi listrik yang memadukan beberapa sumber energi, ketika salah satu sumber energi tidak dapat menyuplai kebutuhan beban, maka PLTH akan menggunakan sumber energi lain yang terhubung untuk menyuplai kebutuhan beban. Hal ini yang menjadikan sistem PLTH lebih baik daripada pembangkit listrik yang hanya menggunakan satu sumber energi.

Pembangkit listrik energi terbarukan yang paling banyak dikembangkan saat ini adalah PLTS dan PLTB, meskipun pembangkit listrik tenaga angin dan surya memiliki kelebihan masing-masing tapi terdapat kendala dengan waktu operasinya, ketersediaan energi angin tidak menentu sedangkan energi surya hanya terdapat pada siang hari, sehingga untuk menutupi kendala tersebut akan lebih optimal bila menggabungkan kedua sumber energi tersebut. Adapun komponen utama pada PLTH surya dan angin adalah turbin angin, panel surya, baterai, dan konverter [12]. Skema PLTH surya dan angin ditunjukkan oleh Gambar 2.1

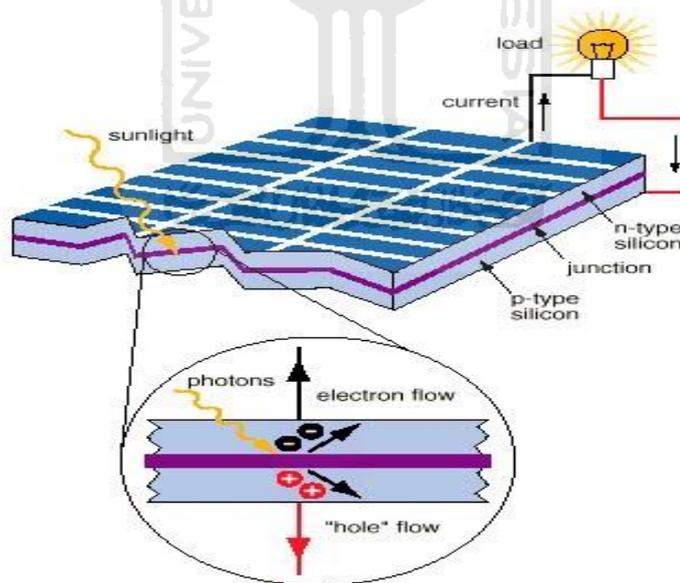


Gambar 2.1 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin dan Surya)

2.2.2 Panel Surya

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan berupa pancaran radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi, maka selama matahari masih terbit maka ketersediaan energi surya akan terus ada sehingga sangat cocok untuk menjadi sumber energi terbarukan. Pancaran dari radiasi matahari ini akan dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Energi listrik yang bisa dikonversi sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan panel surya, semakin besar pancaran radiasi maka semakin besar energi listrik yang bisa dihasilkan. Selain itu agar bisa mendapatkan radiasi langsung dari matahari penempatan panel surya ini sebaiknya di lapangan terbuka yang tidak terdapat penghalang seperti bangunan tinggi, pohon, dan sebagainya [13].

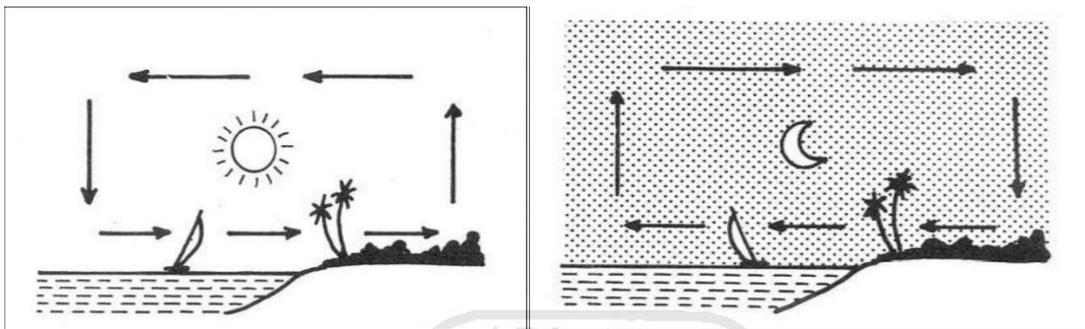
Panel surya merupakan kumpulan sel surya yang bisa mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik melalui proses *photovoltaic*. Sel surya ini terbuat dari bahan semikonduktor berupa silikon yang dilapisi bahan kimia khusus dan bisa menghasilkan listrik sekitar 0,5 V untuk setiap selnya sehingga semakin banyak sel surya yang tersusun maka semakin besar pula kapasitasnya, ketika terkena paparan cahaya matahari maka elektron bermuatan pada bahan semikonduktor sel surya bergerak lalu membentuk sirkuit listrik yang akan membangkitkan listrik. Panel surya ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Panel Surya [13]

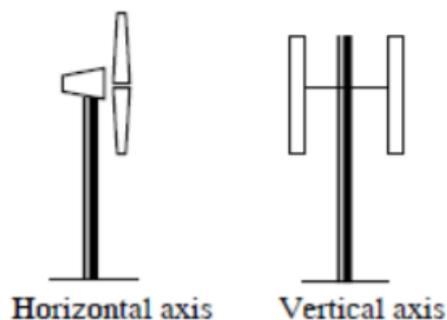
Daya yang bisa dihasilkan panel surya sangat bergantung dengan intensitas radiasi matahari, semakin kuat pancaran radiasi maka semakin besar pula daya yang bisa dibangkitkan, sehingga panel surya bisa bekerja secara optimal saat siang hari. Adapun faktor lain yang mempengaruhi panel surya dalam membangkitkan energi listrik, bahan sel surya, posisi panel surya, arah

Karena suhu di daratan lebih panas, maka udaranya akan memuai lebih cepat sehingga tekanan udara di darat lebih rendah daripada di laut, akibatnya udara yang ada di laut akan bergerak menuju ke darat dan terjadilah proses yang dinamakan angin laut. Sebaliknya angin darat terjadi ketika malam hari, air laut akan melepaskan panas yang ditahan saat siang hari, sehingga suhu di laut lebih panas daripada di daratan, akibatnya tekanan udara di laut menjadi lebih rendah daripada di darat yang membuat udara di darat akan bergerak menuju laut [15]. Prosesnya ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Angin Laut dan Angin Darat [16]

Turbin angin adalah alat yang bisa mengkonversi energi angin menjadi listrik. Energi kinetik yang ada pada angin akan diubah menjadi energi mekanik untuk memutar generator agar bisa menghasilkan listrik. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin banyak energi angin yang bisa dikonversikan, sedikit saja selisih kecepatannya maka perbedaan energi yang dihasilkan bisa sangat berbeda. Turbin angin digolongkan berdasarkan arah putarannya, yaitu turbin angin horizontal berbentuk seperti kincir angin yang posisi rotor dan generatornya sejajar dengan arah datangnya angin, lalu turbin vertikal yang sumbunya tegak lurus dengan rotornya. Gambar turbin angin horizontal dan vertikal ditunjukkan Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Turbin Angin Horizontal dan Vertikal [17]

Pada umumnya pembangkit listrik tenaga angin skala besar dan menengah menggunakan turbin angin horizontal karena efisiensinya lebih tinggi dari turbin angin vertikal. Tapi pada beberapa kasus tertentu, seperti pada industri kecil atau suatu bangunan yang ingin membuat pembangkit listrik sendiri untuk skala kecil menggunakan turbin angin sumbu vertikal, karena

pada umumnya ukuran turbin angin jenis vertikal lebih kecil sehingga *maintanancenya* lebih mudah dan murah [18]. Untuk menghitung daya yang bisa dihasilkan turbin angin menjadi energi listrik menggunakan Persamaan 2.1.

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad (2.1)$$

dengan P : daya (Watt)

ρ : massa jenis udara (1,225 kg/m³)

A : luas penampang (m²) = πr^2 (luas penampang turbin horizontal)

V : kecepatan angin (m/s)

Dengan mengetahui daya yang bisa dihasilkan turbin angin, bisa ditentukan jenis turbin angin yang paling cocok agar bisa memenuhi kebutuhan beban listrik [19].

2.2.5 Syarat Kecepatan Angin

Kondisi dari angin adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perputaran dari turbin angin, sehingga kondisi angin di lokasi harus memenuhi syarat untuk bisa dikonversikan menjadi energi listrik, syarat dari kondisi angin ditunjukkan Tabel 2.1.

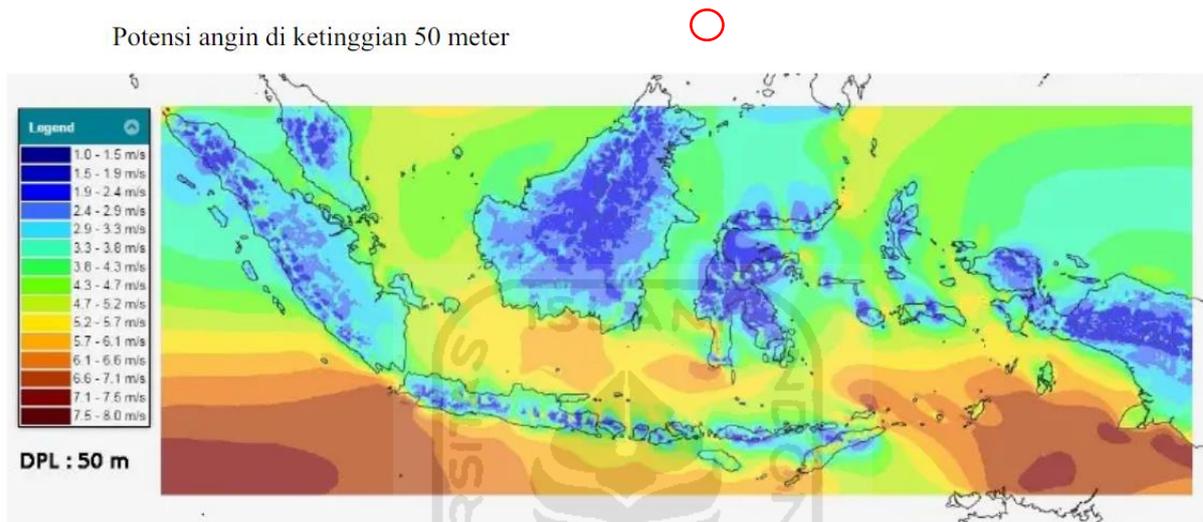
Tabel 2.1 Tingkat Kecepatan Angin Berdasarkan Kondisi Alam

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi Alam
1	0.00-0.2	-
2	0.3-1.5	Anginnya cenderung tenang
3	1.6-3.3	Ketika ada asap, maka akan mengikuti arah angin
4	3.4-5.4	Bisa merasakan angin di wajah dan daun-daun akan bergerak pelan
5	5.5-7.9	Ranting pohon bisa bergoyang, debu di jalanan dan kertas akan terbang terbawa angin.
6	8.0-10.7	Bendera bisa berkibar-kibar
7	10.8-13.8	Ranting pada pohon besar akan bergoyang dan pada air kolam akan ada ombak kecil
8	13.9-17.1	Hembusan angin akan terasa di telinga dan ujung pohon akan melengkung
9	17.2-20.7	Jalan terasa berat ketika melawan arah angin dan ranting pohon bisa patah
10	20.8-24.4	Dapat merubuhkan rumah dan mematahkan ranting di pohon
11	24.4-28.4	Dapat menimbulkan kerusakan dan merubuhkan pohon
12	28.5-32.6	Bisa menimbulkan kerusakan yang parah

Berdasarkan Tabel 2.1 bisa dilihat dampak dari setiap kelas kecepatan angin, sehingga tidak semua kelas kecepatan angin bisa dimanfaatkan untuk membuat pembangkit listrik, kecepatan angin yang bisa dimanfaatkan sampai saat ini adalah kelas 3 hingga kelas 8 [20].

2.2.6 Potensi Energi Angin di Pantai Losari

Berdasarkan peta potensi kecepatan angin dari ESDM menunjukkan pantai Losari memiliki potensi kecepatan angin di atas 4 m/s pada ketinggian 50 m, sehingga turbin angin dengan *cut in speed* 3 m/s dipastikan dapat bekerja untuk memanfaatkan potensi energi angin di pantai Losari. Pantai Losari sendiri terletak pada $5^{\circ}08'34''$ S dan $119^{\circ}24'25''$ E dan merupakan daerah pesisir pantai sehingga memiliki intensitas angin yang bagus. Peta kecepatan angin ditunjukkan Gambar 2.6



Gambar 2.6 Peta Potensi Kecepatan Angin Indonesia [21]

2.2.7 Baterai

Pembangkit listrik energi terbarukan surya dan angin memiliki keterbatasan, yaitu energi surya ketersediaannya di waktu siang hari sedangkan energi angin ketersediaannya tidak menentu. Ketika PLTH memproduksi energi listrik yang berlebih dari kebutuhan beban maka sebagian energi itu akan disimpan di baterai, sehingga baterai digunakan sebagai media penyimpanan yang akan menggantikan PLTH untuk menyuplai kebutuhan beban yang ada dengan batas pengisian dan pengosongan dalam waktu tertentu, di saat tidak terdapat energi untuk dikonversikan menjadi energi listrik maka sumber daya akan diambil dari energi yang sudah disimpan ke baterai dalam bentuk listrik DC. Dalam perancangan sistem PLTH menentukan jumlah baterai yang dibutuhkan tergantung dari beban setiap perangkat listrik di pantai Losari, untuk menghitung jumlah baterai bisa menggunakan Persamaan 2.2.

$$N_B = \frac{E_M \times DoA}{V_B \times I_B \times DoD} \quad (2.2)$$

dengan N_B = jumlah Baterai
 E_M = total beban (Wh)
 DOA = *day of autonomi*
 DOD = *depth of discharge*
 V_B = tegangan baterai
 I_B = arus baterai

Menentukan kapasitas akan diketahui kebutuhan baterai yang bisa memenuhi beban listrik yang ada di pantai Losari [22].

2.2.8 Konverter

Konverter adalah alat yang berfungsi untuk mengubah listrik, dari AC menjadi DC disebut *rectifier* dan dari DC ke AC disebut *inverstation*. Arus output dari baterai adalah arus DC, jika ingin menggunakan energi yang tersimpan di dalam baterai maka arus DC harus terlebih dahulu dikonversikan oleh konverter menjadi listrik AC agar bisa menyuplai beban rumah tangga yang umumnya listrik AC. Tegangan output yang paling banyak digunakan konverter adalah 220V 50Hz agar mudah diselaraskan dengan jaringan *grid* PLN [23].

2.2.9 Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost yang disingkat dengan NPC adalah seluruh biaya instalasi dan biaya operasional yang akan dibayar dari sistem selama masa pemasangan atau saat pengoperasian sepanjang proyek berjalan. NPC ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3.

$$NPC = Capital Cost + Replacement Cost + O\&M Cost + Fuel Cost - Salvage \quad (2.3)$$

dengan *Capital Cost* : biaya modal (Rp)
Replacement Cost : biaya penggantian komponen (Rp)
O&M Cost : biaya perasional dan perawatan (Rp)
Fuel Cost : biaya bahan bakar (Rp)
Salvage : biaya sisa somponen (Rp)

2.2.10 Cost of Energy (COE)

Cost of Energy yang disingkat dengan COE adalah biaya yang dikeluarkan per kWh saat sistem menghasilkan listrik. Untuk mengetahui COE pada sistem bisa menggunakan Persamaan 2.4.

$$COE = \frac{C_{ann.tot}}{C_{served}} \quad (2.4)$$

dengan $C_{ann.tot}$: total biaya sistem dalam 1 tahun (Rp/tahun)

C_{served} : total konsumsi listrik dalam 1 tahun (kWh/tahun)

2.2.11 Renewable Penetration

Renewable penetration adalah seberapa besar energi yang disumbangkan oleh komponen energi terbarukan dari total energi listrik yang diproduksi. *Renewable penetration* bisa dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5.

$$RP = \frac{E_{tot.komponen}}{E_{tot.produksi\ sistem}} \quad (2.5)$$

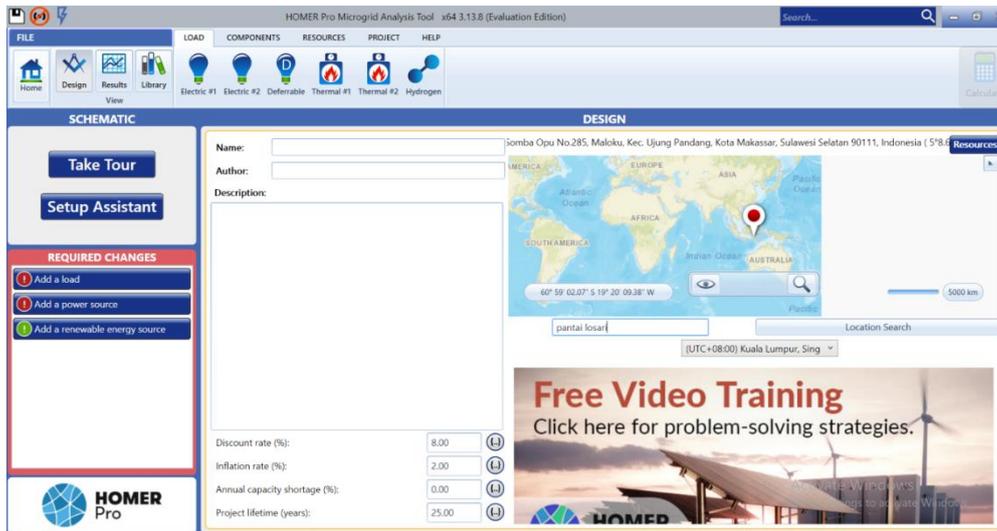
dengan RP = *renewable penetration* (%)

$E_{tot.komponen}$ = total energi listrik yang diproduksi dari energi terbarukan (kWh)

$E_{tot.produksi\ sistem}$ = total energi listrik yang dihasilkan sistem (kWh)

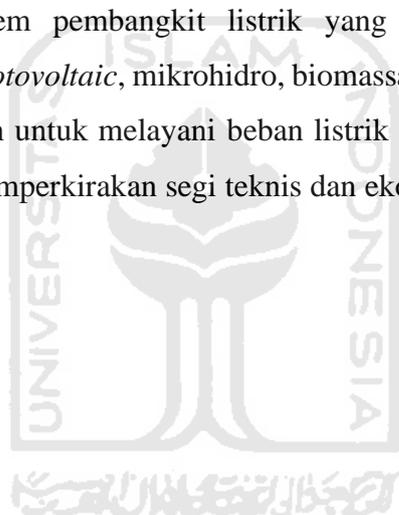
2.2.12 HOMER

HOMER atau *Hybrid Optimization Model for Electric Renewable* merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) USA pada tahun 1993. *HOMER* bisa digunakan untuk menyimulasikan, mengoptimalkan, dan menganalisis sistem pembangkit tenaga listrik yang telah didesain menggunakan energi terbarukan baik secara *on grid* atau *off grid*, sehingga dengan memasukkan konfigurasi yang tepat maka bisa didapatkan sebuah sistem yang optimal. Tampilan program *HOMER* dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Tampilan Awal HOMER

HOMER memiliki fitur-fitur seperti *load*, *components*, *resources*, *project* dan *help* untuk membantu mendesain suatu sistem pembangkit listrik yang mengkombinasikan beberapa komponen, seperti turbin angin, *photovoltaic*, mikrohidro, biomassa, diesel, mikroturbin, *fuel-cell*, baterai, dan penyimpanan hidrogen untuk melayani beban listrik maupun termal. *HOMER* akan menyimulasikan sistem dengan memperkirakan segi teknis dan ekonomis dari desain [24].



BAB III METODOLOGI

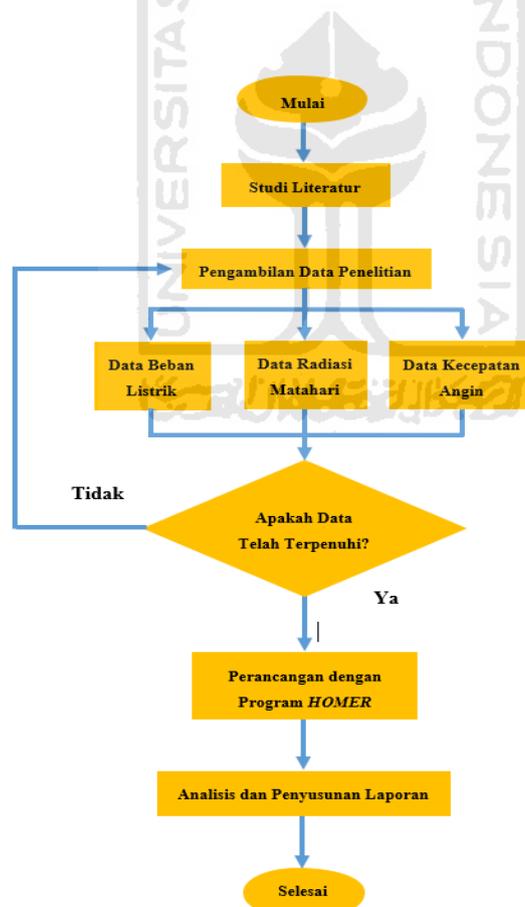
3.1 Alat dan Bahan

Penelitian menggunakan alat dan bahan untuk menunjang pengerjaan agar hasilnya maksimal, adapun alat dan bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah:

1. Laptop ASUS TUF FX506
2. Program *HOMER*
3. Data beban alat elektronik yang ada di pantai Losari
4. Data potensi kecepatan angin di pantai Losari

3.2 Alur Penelitian

Pada diagram alir ini menjelaskan tentang tahapan yang dilakukan untuk menganalisis kelayakan dari pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) dari awal hingga akhir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan tahapan yang dilakukan pada diagram alir:

1. Studi literatur: mengumpulkan teori atau penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya untuk menjadi acuan dalam penelitian ini yang bersumber dari buku, artikel atau jurnal.
2. Pengambilan data: pengambilan data yang dibutuhkan penelitian ini adalah data rata-rata kecepatan angin, radiasi matahari, dan konsumsi energi listrik dalam setahun. Untuk data kecepatan angin dan radiasi matahari diperoleh dari situ NASA, lalu data konsumsi listrik dalam sehari diperoleh dari juga pengamatan langsung dan wawancara dengan pengelola pantai Losari juga para pelaku UMKM di lokasi penelitian untuk menghitung jumlah perangkat listrik berdasarkan beban dan pola waktu pemakaiannya.
3. Survey ulang: jika data yang dibutuhkan belum lengkap, maka akan dilakukan kembali pengamatan ulang ke lokasi untuk melengkapi data yang masih kurang, penelitian akan lanjut ketahap selanjutnya jika data sudah lengkap.
4. Dari simulasi yang dilakukan dengan *HOMER*, hasilnya akan dianalisis dan dipakai untuk membuat laporan penelitian.
5. Setelah perancangan selesai maka hasil perancangan akan di analisis dan membuat laporan.
6. Selesai.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di kawasan wisata pantai Losari, Jalan Somba Opu No. 57, Maloku, Kec. Ujung Pandang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Kawasan ini merupakan daerah pesisir pantai memiliki potensi energi angin dan surya yang layak untuk mengembangkan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida. Pada Gambar 3.2 menunjukkan peta dari pantai Losari yang diambil dari google maps.

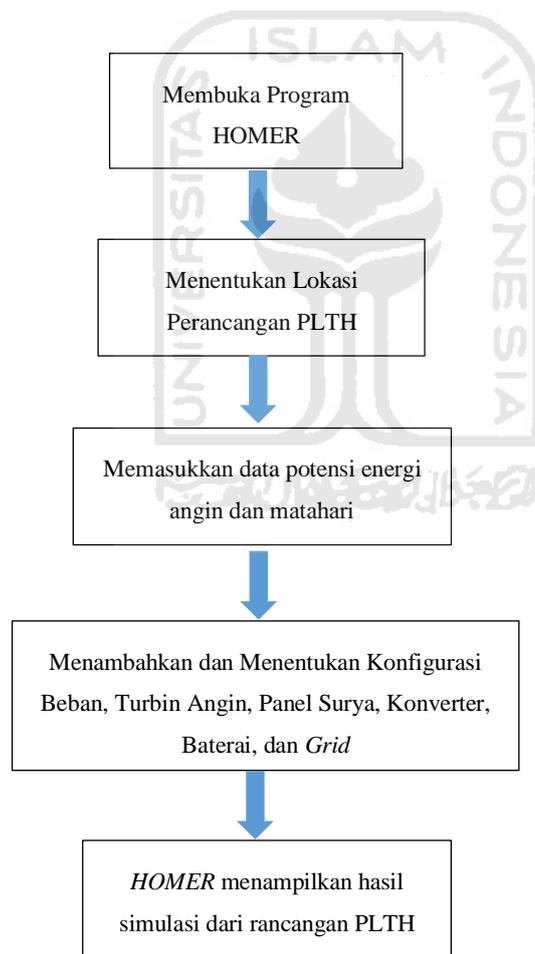


Gambar 3.2 Kawasan Pantai Losari

3.4 Perancangan Simulasi

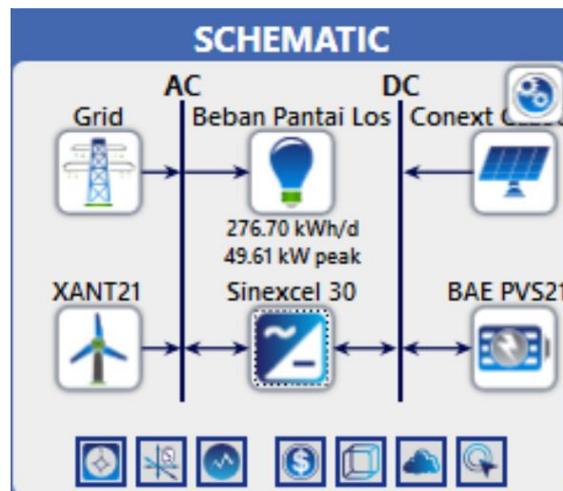
Penelitian ini menggunakan program *HOMER* untuk mensimulasikan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida yang dihubungkan dengan jaringan PLN atau *on grid*. Komponen utama dari simulasi ini adalah turbin angin, panel surya, baterai, dan inverter. Untuk data beban dimasukkan berdasarkan hasil survey dan perhitungan yang telah dilakukan di lokasi penelitian. Alur perancangan menggunakan program *HOMER* bisa dilihat pada

Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alur Perancangan *HOMER*

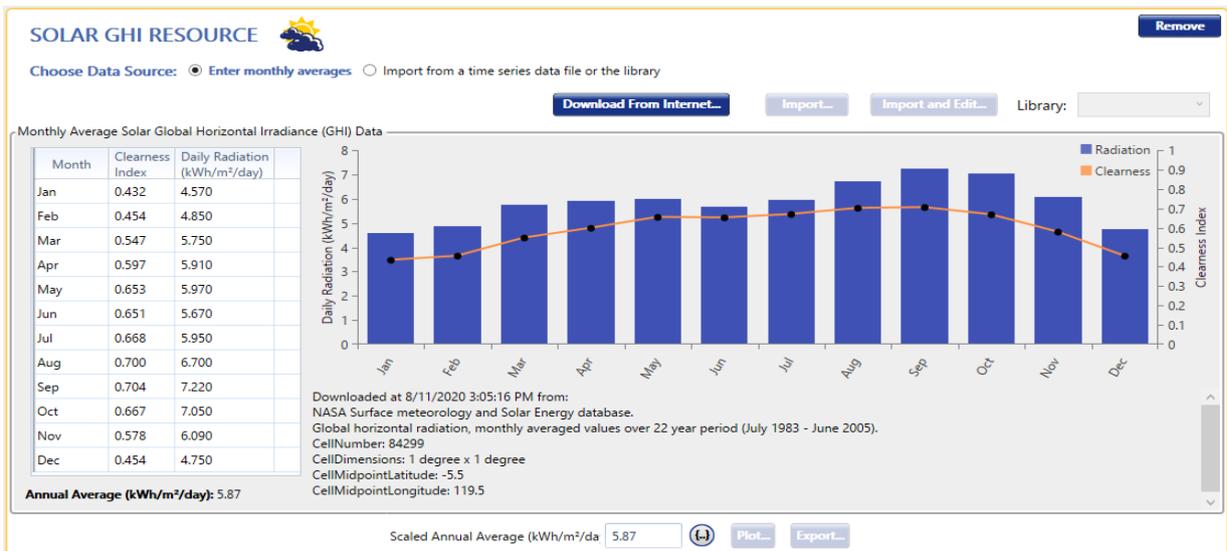
Perancangan PLTH harus sesuai dengan potensi energi terbarukan yang ada pada lokasi penelitian, Pada Gambar 3.4 menunjukkan hasil skematik setelah menambahkan dan mengatur konfigurasi setiap komponen yang ada di rancangan PLTH.



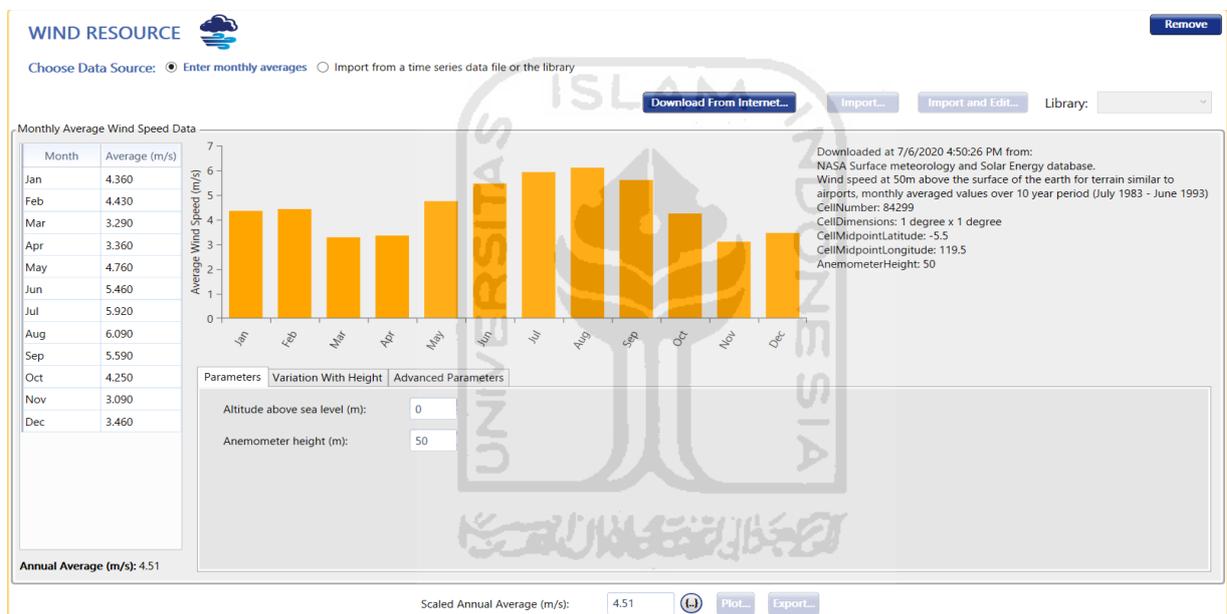
Gambar 3.4 Skematik Perancangan *HOMER*

3.4.1 Potensi Energi Terbarukan

Lokasi pada penelitian ini terletak di $5^{\circ}08'34''$ S dan $119^{\circ}24'25''$ E, merupakan daerah pesisir pantai yang memiliki potensi energi matahari dan angin yang memenuhi standar untuk pemanfaatan PLTH jika ditinjau dari peta penyebaran sumber energi terbarukan di Indonesia, dengan menggunakan fitur dari program *HOMER* yang sudah terhubung dengan *database* NASA diperoleh data potensi rata-rata radiasi matahari sebesar 5,87 dan rata-rata kecepatan angin pada ketinggian 50 m sebesar 4,51 dalam skala waktu 1 tahun. Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 menunjukkan potensi energi matahari dan angin yang ada di pantai Losari berdasarkan *database* NASA.

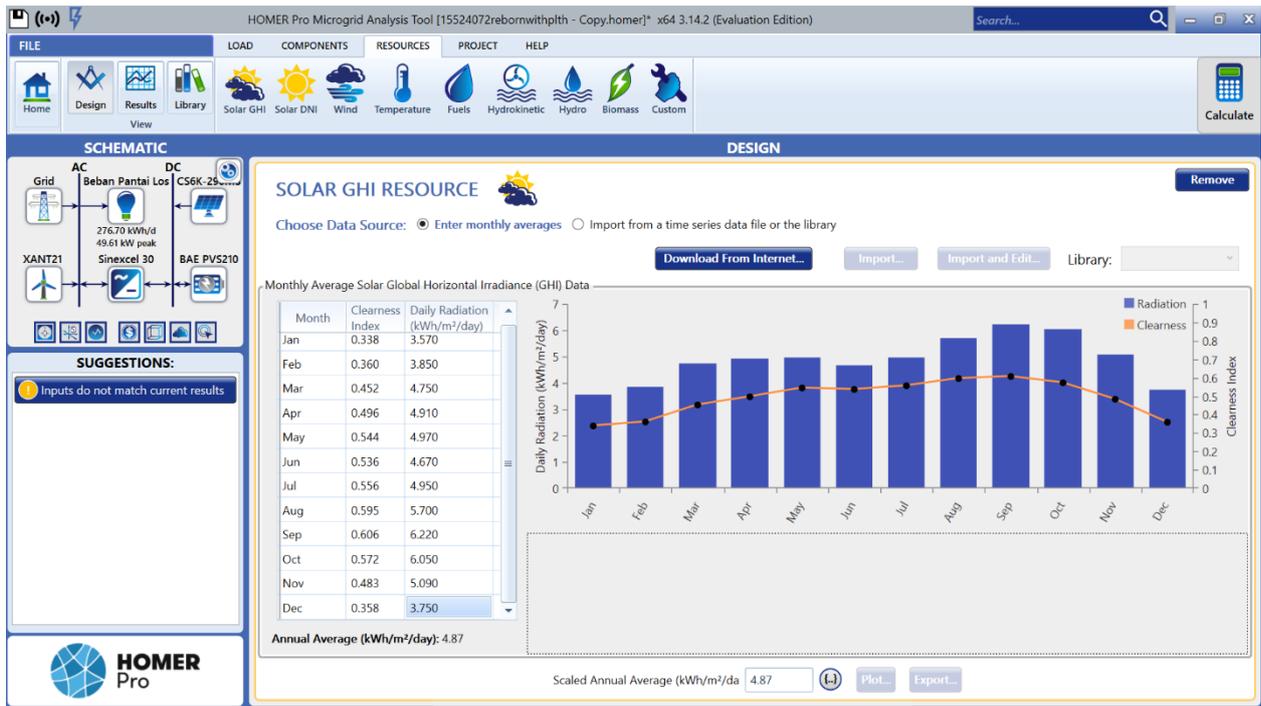


Gambar 3.5 Potensi Radiasi Matahari Pantai Losari

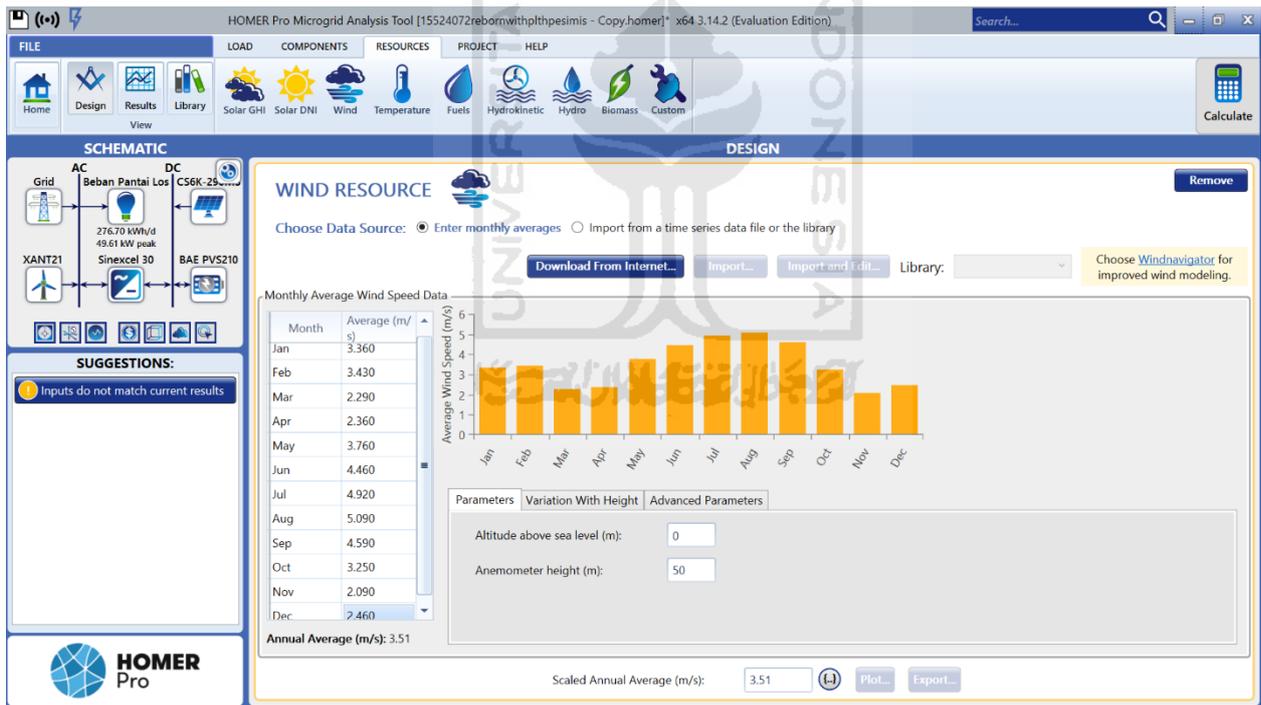


Gambar 3.6 Potensi Kecepatan Angin Pantai Losari

Selain itu sebagai bahan pertimbangan pengembangan PLTH *on grid* di pantai Losari dirancang juga simulasi pesimis sistem PLTH *on grid* dengan memasukkan nilai potensi angin dan surya di bawah parameter nilai perancangan, dalam hal ini diasumsikan energi surya dikurangi menjadi 4,87 kWh/m²/hari dan energi angin juga dikurangi menjadi 3,51 m/s. Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 menunjukkan potensi energi surya dan angin dalam simulasi pesimis.



Gambar 3.7 Potensi Radiasi Matahari Simulasi Pesimis



Gambar 3.8 Potensi Kecepatan Angin Simulasi Pesimis

3.4.2 Data Beban

Data beban diperoleh dari pengamatan dan wawancara langsung terhadap beberapa narasumber seperti pengelola dan pelaku UMKM. Pendataan beban di lokasi penelitian dilakukan dengan cara menghitung jumlah perangkat listrik yang ada di pantai Losari dan waktu pemakaiannya, beberapa perangkat listrik yang tidak memiliki *datasheet* diasumsikan dari

datasheet yang terdapat di google dengan merk dan spesifikasi alat yang sama. Data setiap perangkat listrik dan waktu pemakaiannya diperlukan untuk menghitung beban yang ada di pantai Losari dalam 1 hari. Di lokasi penelitian terdapat berbagai macam perangkat elektronik seperti AC, lampu sorot, lampu taman, kipas angin kulkas, *amplifier*, *speaker*, *speaker horn*, LCD TV, kulkas, dispenser, laptop, dan proyektor, total dari seluruh daya perangkat elektronik ini sebesar 30.222 Watt. Data beban ini ditunjukkan dari Tabel 3.1 sampai Tabel 3.6.

Tabel 3.1 Data Beban Jam 00.00-02.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
00.00-02.00	Lampu	3 Watt	275	825
		8 Watt	22	176
		10 Watt	56	560
		13 Watt	150	1950
		40 Watt	85	3400
		500 Watt	8	4000
		1600 Watt	8	12800

Tabel 3.2 Data Beban Jam 02.00-06.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
02.00-06.00	Lampu	8 Watt	22	176
		10 Watt	56	560
		13 Watt	150	1950
		40 Watt	85	3400
04.00-06.00	<i>Amplifier</i>	240 Watt	1	240
	<i>Speaker</i>	60 Watt	4	240
	<i>Speaker Horn</i>	25 Watt	4	100
	<i>Air Conditioner</i>	840 Watt	4	3280
	LCD TV	70 Watt	1	70
	Kipas Angin	100 Watt	12	1200

Tabel 3.3 Data Beban pukul 08.00-11.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
08.00-11.00	Lampu	8 Watt	2	16
	<i>Air Conditioner</i>	320 Watt	2	640
	Laptop	50 Watt	1	50
	Proyektor	270 Watt	1	270

Tabel 3.4 Data Beban Jam 12.00-17.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
12.00-17.00	<i>Amplfier</i>	240 Watt	1	240
	<i>Speaker</i>	60 Watt	4	240
	<i>Speaker Horn</i>	25 Watt	4	100
	<i>Air Conditioner</i>	840 Watt	4	3360
	LCD TV	70 Watt	1	70
	Kipas Angin	100 Watt	12	1200

Tabel 3.5 Data Beban Jam 17.00-24.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
17.00-20.00	<i>Amplfier</i>	240 Watt	1	240
	<i>Speaker</i>	60 Watt	4	240
	<i>Speaker Horn</i>	25 Watt	4	100
	LCD TV	70 Watt	1	70
	<i>Air Conditioner</i>	840 Watt	4	3360
	Kipas Angin	100 Watt	12	1200
18.00-24.00	Lampu	3 Watt	275	825
		8 Watt	22	176
		10 Watt	56	560
		13 Watt	150	1950
		40 Watt	85	3400
		500 Watt	8	4000
		1600 Watt	8	12800

Tabel 3.6 Data Beban Jam 00.00-24.00

Jam	Alat	Daya	Jumlah	Total Daya (Watt)
00.00-24.00	Dispenser	250 Watt	1	250
	Kulkas	75 Watt	1	75

Daya listrik yang dikonsumsi dalam satu hari di pantai Losari sebesar 276,7 kWh/hari. Hal ini dikarenakan pada waktu maghrib hingga isya seluruh perangkat listrik di pantai Losari menyala. Pola pemakaian listrik dalam satu hari bisa dilihat pada

Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pola Pemakaian Listrik dalam 1 Hari

Waktu	Total Pemakaian (kW)
00.00-01.00	24,036
01.00-02.00	24,036
02.00-03.00	6,411
03.00-04.00	6,411
04.00-05.00	11,541
05.00-06.00	11,541

06.00-07.00	0,325
07.00-08.00	0,325
Waktu	Total Pemakaian (kW)
08.00-09.00	1,301
09.00-10.00	1,301
10.00-11.00	1,301
11.00-12.00	0,325
12.00-13.00	5,535
13.00-14.00	5,535
14.00-15.00	5,535
15.00-16.00	5,535
16.00-17.00	5,535
17.00-18.00	5,535
18.00-19.00	29,246
19.00-20.00	29,246
20.00-21.00	24,036
21.00-22.00	24,036
22.00-23.00	24,036
23.00-24.00	24,036

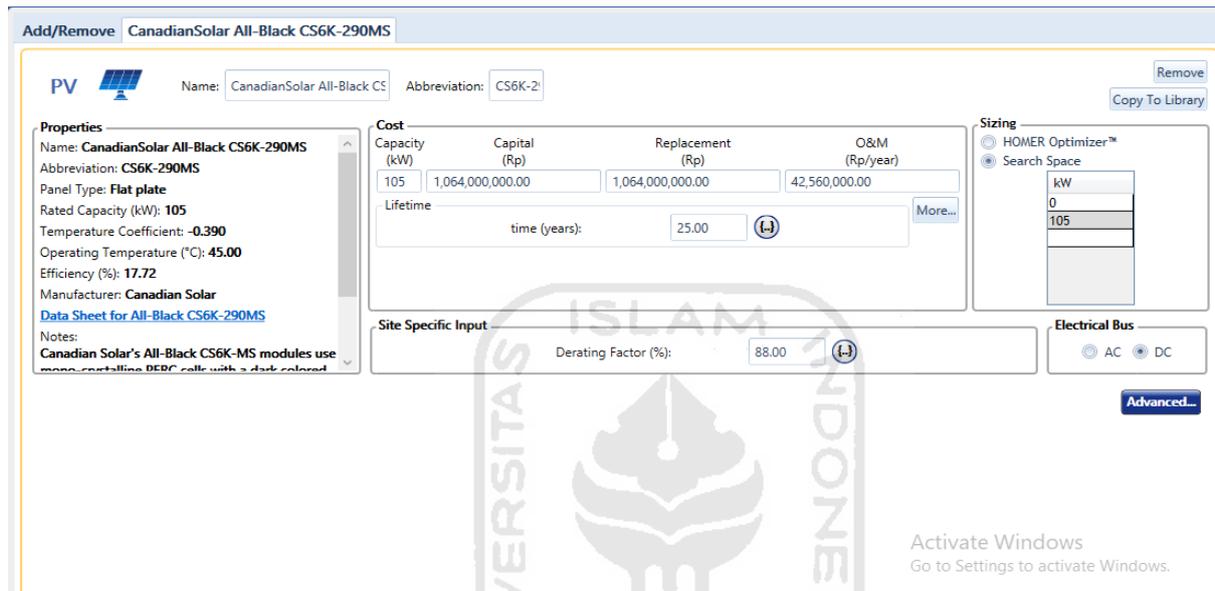
Berdasarkan Gambar 3.9 merupakan hasil perhitungan HOMER setelah melengkapi data beban setiap jam dimasukkan, untuk total daya pemakaian listrik yang dipakai masyarakat dalam satu hari adalah sebesar 276,7 kWh dengan beban puncak 49.61 kW. *Random Variability* berfungsi untuk mengatur data beban agar setiap bulan berbeda-beda sehingga mendekati keadaan yang lebih *real*.



Gambar 3.9 Data Beban Pantai Losari pada HOMER

3.4.3 Konfigurasi Panel Surya

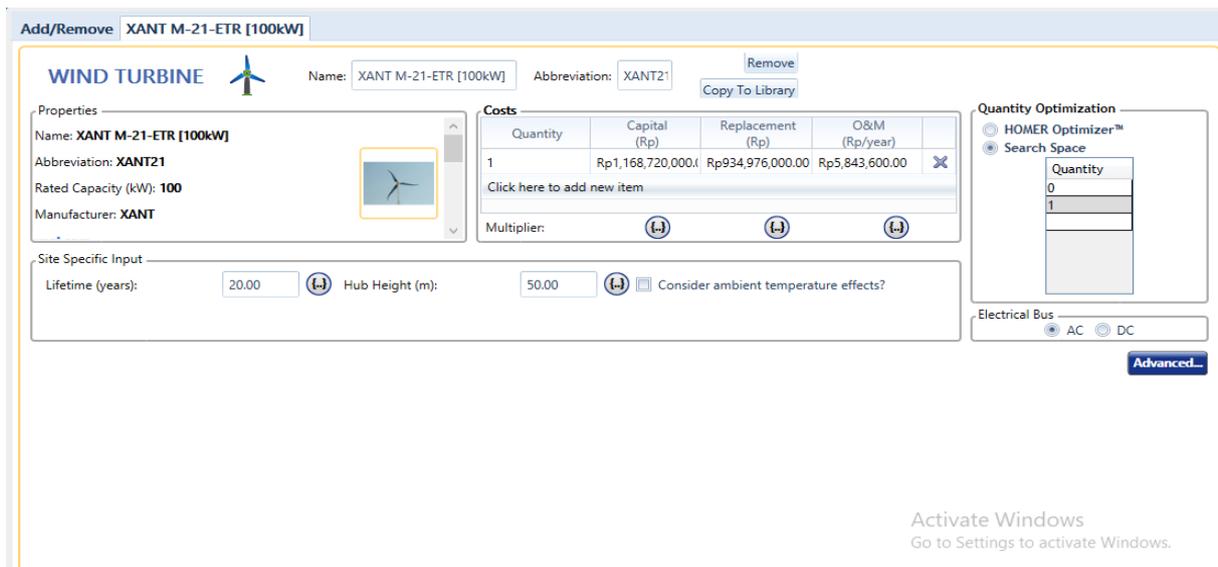
Pada penelitian ini panel surya yang digunakan adalah CanadianSolar All-Black CS6K-290MS dengan daya 290Watt berbahan *monocrystalline*, meskipun biayanya lebih mahal dari panel surya jenis lain tapi memiliki efisiensi tinggi dan mudah didapatkan dipasaran. Panel surya disetting dengan kapasitas 105 kW dengan modal awal dan biaya *replacemnet* sebesar Rp.1.064.000.000,00, lalu untuk biaya operasional dan perawatannya sebesar Rp.42.560.000,00 per tahun. Konfigurasi panel surya ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Konfigurasi Panel Surya

3.4.4 Konfigurasi Turbin Angin

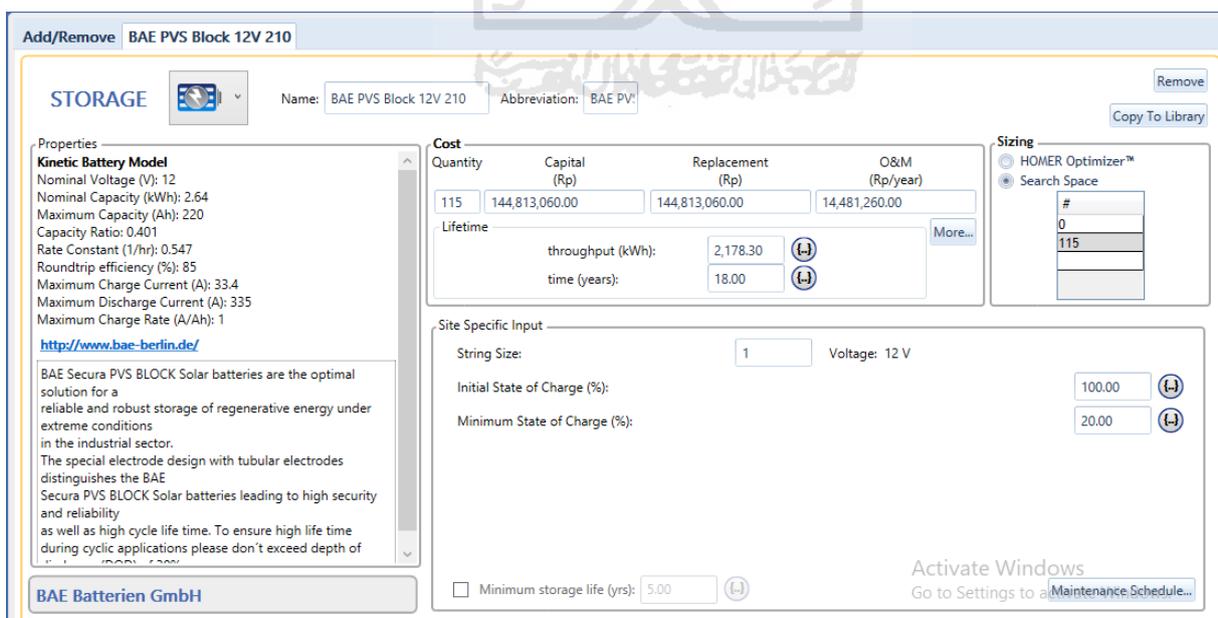
Jenis turbin angin yang dipakai pada penelitian ini adalah adalah merk Xant M21 ETR 100kW dengan *cut in speed* 2,5 m/s, dari data potensi kecepatan angin di pantai Losari kecepatan angin paling rendah berada pada bulan November yaitu 3 m/s sehingga pada penelitian ini menggunakan turbin angin dengan *cut in speed* 2,5 m/s agar dapat dipastikan turbin angin bisa bekerja setiap bulan. Berdasarkan hasil perhitungan dari Persamaan 2.1 potensi kecepatan angin di pantai Losari bisa menghasilkan listrik sebesar 19.444,75 Watt per turbin. Modal awal untuk turbin angin berkisar Rp.1.168.720,00, untuk *replacement* Rp.934.976.00,00, lalu untuk biaya perawatannya seharga Rp.5.843.600,00. Konfigurasi turbin angin untuk perancangan penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Konfigurasi Turbin Angin

3.4.5 Konfigurasi Baterai

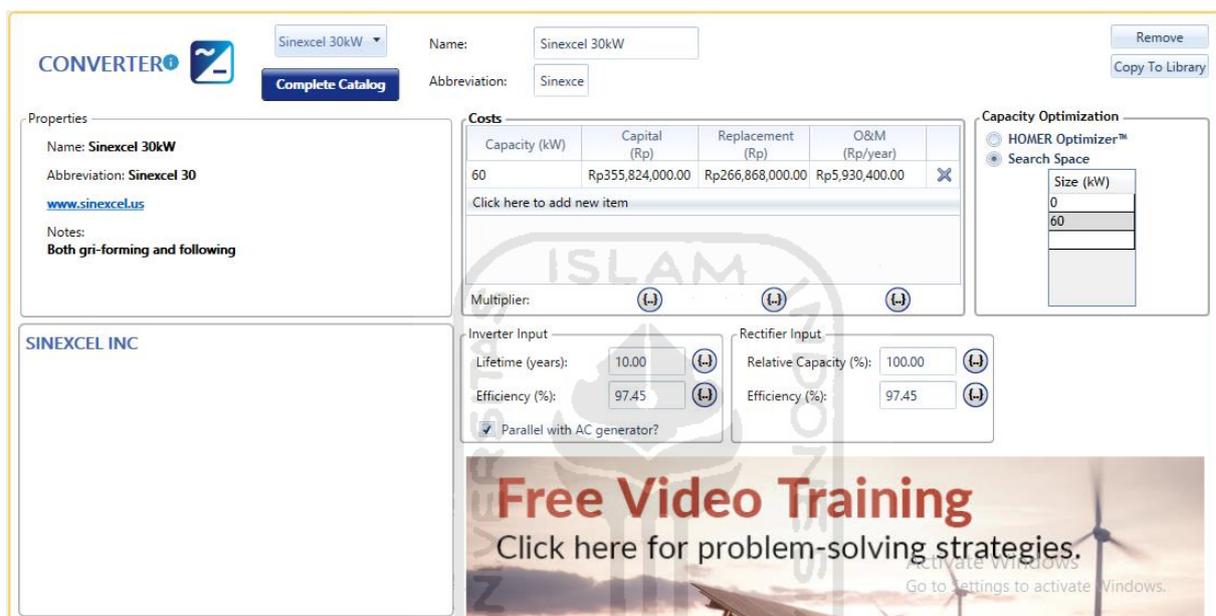
Jenis baterai yang digunakan pada rancangan ini adalah Bae Pvs Block 12v 210 karena mudah didapatkan dipasaran. Kebutuhan beban listrik untuk setiap perangkat listrik di pantai Losari sebesar 30.222Watt dengan menggunakan Persamaan 2.2 maka banyaknya baterai yang dibutuhkan adalah 115 unit. Biaya modal dan *replacement* sebesar Rp.144.813.060,00, lalu untuk biaya operasional dan perawatannya sebesar Rp.14.481.260,00. Konfigurasi baterai ditunjukkan Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Konfigurasi Baterai

3.4.6 Konfigurasi Konverter

Jenis konverter yang digunakan pada penelitian ini adalah Sinexcel 30 kW yang bisa berfungsi sebagai *inverter* dan *rectifier* karena pada sistem ini terdapat dua aliran listrik yang berbeda yaitu AC dan DC. Konverter disetting dengan kapasitas 60 kW untuk tujuan efisiensi, agar bisa menyuplai setiap perangkat elektronik yang ada. Modal awal untuk konverter Sinexcel 30kW sebesar Rp.355.842.000,00, biaya *replacement* Rp.266.868.000,00, lalu untuk biaya operasional dan perawatan seharga Rp.5.930.500,00. Untuk konfigurasi konverter ditunjukkan oleh Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Konfigurasi Konverter

3.4.7 Grid

Grid adalah sistem jaringan listrik PLN yang disediakan *HOMER*, berfungsi untuk menentukan tarif dasar listrik atau menghubungkan jaringan PLN dengan sistem yang telah dirancang, sehingga outputnya bisa dijual kembali ketika terdapat kelebihan energi listrik. Berdasarkan dari data situs PLN, tarif listrik PLN non-subsidi sebesar Rp.1.467,00 per kWh, lalu harga jual kembali listrik PLTH ke PLN ditentukan Rp.900,00 per kWh. Konfigurasi *grid* ditunjukkan oleh Gambar 3.14.

ADVANCED GRID  Name: Abbreviation:

Simple Rates
 Real Time Rates
 Scheduled Rates
 Grid Extension

Grid

Parameters | Emissions

Simple Rates

Grid Power Price (Rp/kWh):	<input type="text" value="1,467.000"/>	<input type="button" value="↕"/>
Grid Sellback Price (Rp/kWh):	<input type="text" value="900.000"/>	<input type="button" value="↕"/>

Net Metering

- Net purchases calculated monthly.
- Net purchases calculated annually.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Gambar 3.14 Konfigurasi *Grid*



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis

Pada bagian hasil analisis merupakan tahap mendesain pembangkit listrik tenaga hibrida lalu membandingkan sistemnya ketika terhubung dengan jaringan PLN. Perancangan dilakukan menggunakan program *HOMER* untuk mengetahui efisiensi dari sistem yang paling optimal antara PLTH dan jaringan PLN dari segi ekonomi maupun elektrikal, dimana proyek ini diestimasi beroperasi selama 25 tahun.

4.2 Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin dan Surya)

Program *HOMER* akan menghitung secara otomatis dengan mensimulasikan setiap sistem pembangkit listrik mulai dari NPC terendah sampai yang paling tinggi, *HOMER* menampilkan setiap hasil simulasi untuk setiap sistem pembangkit listrik untuk memperhitungkan setiap kemungkinan yang terjadi dilapangan. Pada penelitian ini akan menganalisis skenario jaringan PLN, skenario optimis dan skenario pesimis dari hasil perancangan untuk menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan PLTH *on grid* di pantai Losari.

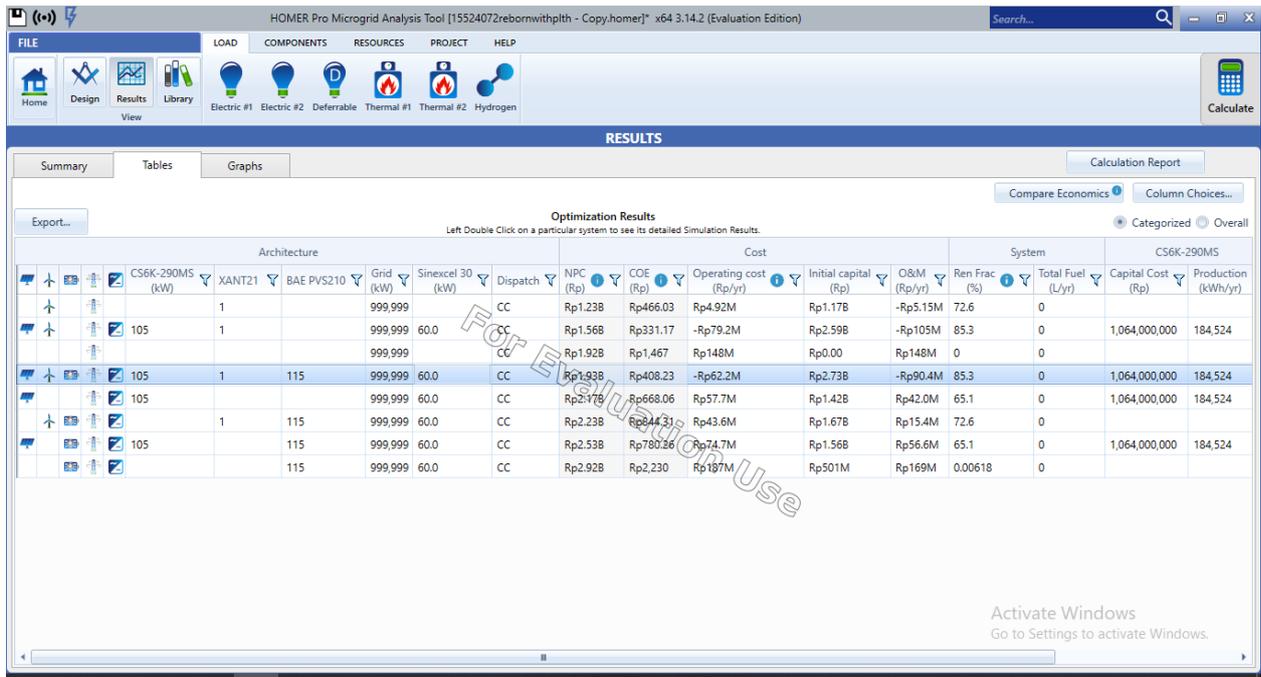
Pada Gambar 4.1 adalah skenario sistem jaringan PLN, dimana pada nilai NPC jaringan PLN tidak terdapat biaya komponen dan bahan bakar karena ditanggung oleh pihak PLN, skenario optimis PLTH *on grid* seperti yang ditunjukkan Gambar 4.2 adalah kondisi disaat potensi energi angin dan surya dilapangan sesuai dengan perkiraan yang terdapat pada situs NASA, sistem PLTH dihubungkan *grid* agar disaat energi listrik yang dihasilkan PLTH lebih kecil dari kebutuhan, maka sebagian energi listrik akan disuplai dari PLN melalui *grid*, begitupun sebaliknya jika sistem PLTH menghasilkan energi listrik yang lebih banyak dari kebutuhan maka kelebihan listrik akan dijual kembali ke PLN melalui *grid*, lalu skenario pesimis PLTH *on grid* seperti pada Gambar 4.3 adalah simulasi disaat potensi energi matahari dan surya tidak sesuai yang ada dilapangan, diasumsikan radiasi energi matahari dikurangi menjadi 4,87 kWh/m²/hari dan kecepatan energi angin juga dikurangi menjadi 3,51 m/s dari nilai parameter potensi energi dalam perancangan.



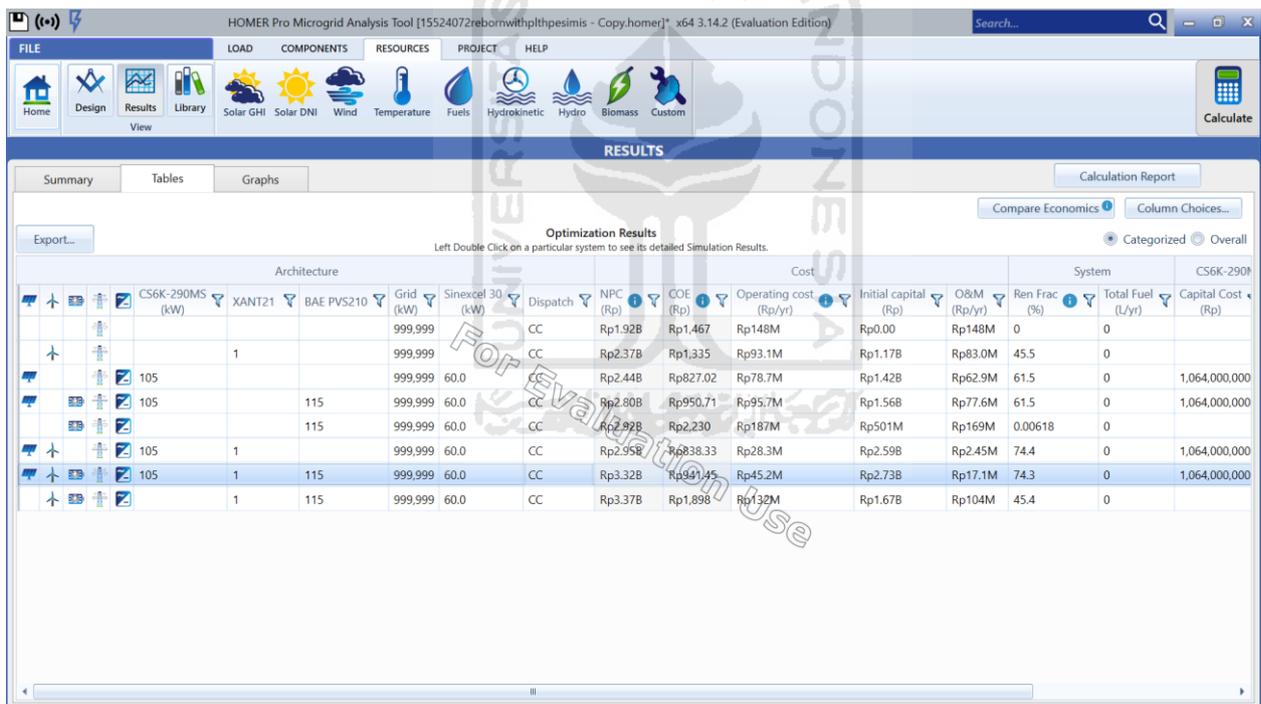
The screenshot shows the 'RESULTS' window in HOMER software. It features a 'Summary' tab and a table of 'Optimization Results'. The table is organized into columns for Architecture, Cost, System, and Grid. The 'Architecture' column shows a Grid (kW) of 999,999 and Dispatch (CC). The 'Cost' column shows NPC (Rp) of Rp1.92B, COE (Rp) of Rp1.467, and Operating cost (Rp/yr) of Rp148M. The 'System' column shows Initial capital (Rp) of Rp0, O&M (Rp/yr) of Rp148M, and Ren. Frac (%) of 0. The 'Grid' column shows Total Fuel (L/yr) of 0, Energy Purchased (kWh) of 100,996, and Energy Sold (kWh) of 0.

Optimization Results												
Architecture			Cost				System			Grid		
Grid (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	O&M (Rp/yr)	Ren. Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)		
999,999	CC	Rp1.92B	Rp1.467	Rp148M	Rp0	Rp148M	0	0	100,996	0		

Gambar 4.1 Hasil Skenario Jaringan PLN



Gambar 4.2 Hasil Skenario Optimis PLTH On Grid



Gambar 4.3 Hasil Skenario Pesimis PLTH On Grid

4.3 Analisis Nilai Ekonomis dan Elektris

4.3.1 Skenario Jaringan PLN

Skenario jaringan PLN adalah sistem pembangkit listrik yang digunakan sekarang, dimana seluruh kebutuhan energi listrik disuplai dari jaringan PLN. Gambar 4.4 menunjukkan keseluruhan

biaya yang ada pada sistem jaringan PLN selama beroperasi, biaya pada sistem jaringan PLN hanya dibebankan pada biaya O&M yaitu sebesar Rp.1.915.346.003,41, untuk biaya komponen dan bahan bakar akan ditanggung dari pihak PLN. Biaya O&M ini dapat berubah sewaktu-waktu jika beban listrik bertambah.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
Grid	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,915,346,003.41	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,915,346,003.41
System	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,915,346,003.41	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,915,346,003.41

Gambar 4.4 *Net Present Cost* Sistem Skenario Jaringan PLN

Setelah mengetahui seluruh biaya yang ada pada sistem jaringan PLN, maka bisa dihitung NPC dari sistem jaringan PLN dalam memenuhi kebutuhan listrik di pantai Losari dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$\begin{aligned} \text{NPC} &= 0 + 0 + 1.915.346.003,41 - 0 \\ &= \text{Rp. } 1.915.346.003,41 \end{aligned}$$

Sedangkan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 merupakan total dari biaya sistem dan konsumsi listrik dalam skala 1 tahun di pantai Losari, dimana *annualize cost* sebesar Rp.148.160.398,50/tahun dan total konsumsi listrik selama setahun sebesar 100.996 kWh/tahun, energi listrik yang dihasilkan jaringan PLN mengikuti kebutuhan beban sehingga semakin bebannya bertambah maka biaya O&M nya juga akan semakin besar. *Annualize cost* dan total konsumsi listrik berfungsi untuk menghitung biaya yang dikeluarkan sistem dalam menghasilkan energi listrik per kWhnya dengan menggunakan Persamaan 2.4.

Tabel 4.1 *Annualize Cost* dan Konsumsi Listrik Skenario Jaringan PLN

Variabel	Nilai
<i>Annualize Cost</i>	148.160.398,50
Total Konsumsi Listrik	100.996

$$\begin{aligned} \text{COE} &= \frac{148.160.398,50}{100.996} \\ &= \text{Rp. } 1.467/\text{kWh} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 menunjukkan produksi listrik yang ada pada skenario jaringan PLN dalam memenuhi kebutuhan beban listrik di pantai Losari, dimana *grid* akan menghasilkan listrik sesuai kebutuhan beban. *Renewable penetration* pada skenario jaringan PLN bernilai 0% karena sistem ini tidak menggunakan energi terbarukan dalam menghasilkan energi listrik.

Tabel 4.2 Produksi Listrik Skenario Jaringan PLN

Variabel	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	100.996
Renewable Penetration (%)	0

4.3.2 Skenario Optimis PLTH On Grid

Pada skenario optimis PLTH *on grid* merupakan sistem dirancang pada penelitian ini yang terdiri dari turbin angin, panel surya, baterai, konverter, dan *grid*. Skenario optimis PLTH *on grid* ini adalah kondisi ketika potensi energi terbarukan yang terdapat dilapangan sesuai dengan harapan dari perancangan. Pada Gambar 4.5 menunjukkan hasil kalkulasi yang dilakukan program *HOMER* untuk setiap biaya yang ada pada sistem PLTH selama beroperasi. Biaya pada sistem PLTH terdiri dari biaya modal sebesar Rp.2.733.357.060, biaya penggantian komponen sebesar Rp.585.597.137,49, biaya O&M sebesar -Rp.1.168.493.008, lalu biaya bahan bakar Rp.0 karena PLTH menggunakan energi terbarukan sepenuhnya dalam menghasilkan listrik, dan yang terakhir adalah biaya *salvage* yang merupakan sisa pemasangan komponen sebesar -Rp.221.150.912,43, maka total NPC jika dihitung dengan Persamaan 2.3 adalah sebesar Rp.1.929.310.277,06. Nilai negatif pada O&M disebabkan energi listrik yang dijual kembali lebih besar daripada yang dibeli dari jaringan PLN melalui *grid* sehingga menekan biaya operasional.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE PVS Block 12V 210	Rp144,813,060.00	Rp51,758,683.76	Rp187,206,728.29	Rp0.00	-Rp21,200,119.92	Rp362,578,352.13
CanadianSolar All-Black CS6K-290MS	Rp1,064,000,000.00	Rp0.00	Rp550,195,104.30	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,614,195,104.30
Grid	Rp0.00	Rp0.00	-Rp2,058,103,420.43	Rp0.00	Rp0.00	-Rp2,058,103,420.43
Sinexcel 30kW	Rp355,824,000.00	Rp235,761,232.76	Rp76,665,344.14	Rp0.00	-Rp31,965,162.17	Rp636,285,414.73
XANT M-21-ETR [100kW]	Rp1,168,720,000.00	Rp298,077,220.97	Rp75,543,235.70	Rp0.00	-Rp167,985,630.34	Rp1,374,354,826.33
System	Rp2,733,357,060.00	Rp585,597,137.49	-Rp1,168,493,008.00	Rp0.00	-Rp221,150,912.43	Rp1,929,310,277.06

Gambar 4.5 Net Present Cost Sistem Skenario Optimis PLTH On Grid

$$\begin{aligned} \text{NPC} &= 2.733.357.060,00 + 585.597.137,49 + (-1.168.493.008,00) + 0 - 221.150.912,43 \\ &= 1.929.310.277,06 \end{aligned}$$

Lalu pada Tabel 4.3 menunjukkan biaya tahunan dan energi listrik yang diproduksi sistem PLTH dalam 1 tahun dalam skenario optimis PLTH *on grid*. *Annualize cost* pada PLTH *on grid* dihitung dari biaya sistem dalam 1 tahun yang terdiri dari modal awal pembelian komponen, biaya penggantian komponen, biaya O&M, dan biaya sisa komponen. Sedangkan total konsumsi listrik berdasarkan beban AC di pantai Losari dan penjualan listrik ke PLN melalui *grid*. Jika menggunakan Persamaan 2.4 maka *cost of energy* pada sistem PLTH adalah sebesar Rp.408,23/kWh.

Tabel 4.3 *Annualize Cost* dan Konsumsi Skenario Optimis PLTH *On Grid*

Variabel	Nilai
<i>Annualize Cost</i>	149.240.596,20
Total Konsumsi Listrik	365.581

$$COE = \frac{Rp. 149.240.596,20}{365.581 \text{ kWh}}$$

$$= 408,23/kWh$$

Pada Tabel 4.4 menunjukkan produksi energi listrik skenario optimis PLTH *on grid* dalam 1 tahun untuk setiap sistem pembangkit listrik, panel surya dengan kapasitas 105 kW bisa menghasilkan listrik yang paling banyak sebesar 184.524 kWh/pertahun diikuti turbin angin kapasitas 100 kW sebesar 148.508 kWh/tahun, dan listrik yang dibeli dari PLN sebesar 53.800 kWh/tahun, sehingga total produksi listrik sistem PLTH sebesar 386,832 kWh/tahun. Sistem skenario optimis PLTH *on grid* memiliki *renewable penetration* sebesar 86,1% yang didominasi dari turbin angin dan panel surya, sehingga sistem termasuk lebih ramah lingkungan.

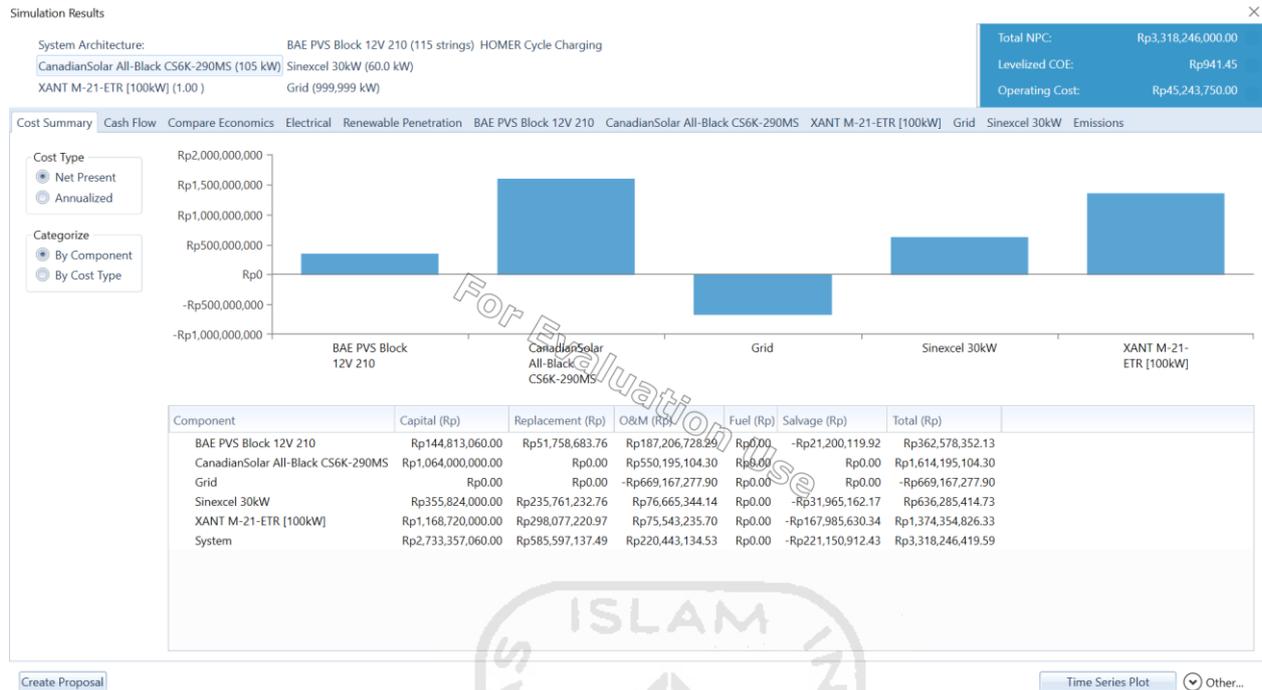
Tabel 4.4 Produksi Listrik Skenario Optimis PLTH *On Grid*

Variabel	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	386.832 kWh/tahun
Xant M21 ETR (100kW)	148.508 kWh/tahun
Canadian Solar All Black CS6K-290 MS	184.524 kWh/tahun
<i>Grid Purchase</i>	53.800 kWh/tahun
<i>Renewable Penetration (%)</i>	86,1

4.3.3 Skenario Pesimis PLTH *On Grid*

Pada penelitian ini juga akan menyimulasikan kondisi pesimis dari sistem PLTH jika potensi energi terbarukan yang terdapat dilapangan lebih kecil dari perkiraan NASA. Skenario pesimis ini diasumsikan memiliki potensi radiasi matahari 4,87 kWh/m²/hari dan kecepatan 3,51 m/s. Pada skenario pesimis PLTH *on grid* pembelian listrik dari PLN akan bertambah karena produksi listrik berkurang, hal ini disebabkan potensi energi terbarukan yang lebih kecil dan pada waktu tertentu energi listrik yang dihasilkan dari potensi energi terbarukan pada skenario pesimis lebih sedikit, sehingga untuk memenuhi kebutuhan beban perhari sistem PLTH harus membeli listrik dari PLN. Pada Gambar 4.6 menunjukkan hasil kalkulasi program HOMER untuk keseluruhan biaya yang ada pada skenario pesimis sistem PLTH *on grid*, dimana potensi radiasi matahari sebesar 4,87 kWh/m²/hari dan potensi kecepatan angin 3,51 m/s, pada skenario pesimis sistem PLTH *on grid* biaya yang dikeluarkan terdiri dari modal awal pembelian komponen dengan total Rp.2.733.357.060, biaya total biaya penggantian komponen Rp.585.597.137,49, total biaya O&M

Rp.220.443.134,53, dan total sisa komponen Rp.221.150.912,43, sehingga dengan menggunakan Persamaan 2.3 NPC dari skenario pesimis PLTH *on grid* adalah sebesar Rp.3.318.246.000.



Gambar 4.6 Net Present Cost Sistem Skenario Pesimis PLTH On Grid

$$\begin{aligned}
 NPC &= 2.733.357.060 + 585.597.137,49 + 220.443.135,53 - 221.150.912,43 \\
 &= 3.318.246.419,59
 \end{aligned}$$

Lalu pada Tabel 4.5 menunjukkan biaya tahunan dan produksi energi listrik dalam 1 tahun oleh skenario pesimis PLTH *on grid*. *Annualize cost* adalah total biaya yang dikeluarkan sistem dalam 1 tahun sedangkan total konsumsi listrik ini terdiri dari beban AC dalam 1 tahun dan penjualan listrik ke PLN, kedua parameter ini berfungsi menghitung COE skenario pesimis PLTH *on grid* dengan menggunakan Persamaan 2.4.

Tabel 4.5 Annualize Cost dan Konsumsi Skenario Pesimis PLTH On Grid

Variabel	Nilai
Annualize Cost (Rp)	256.680.887,41
Total Konsumsi Listrik (kWh/tahun)	272.643

$$\begin{aligned}
 COE &= \frac{256.680.887,41}{272.643} \\
 &= 941,45/kWh
 \end{aligned}$$

Lalu seperti yang ditunjukkan Tabel 4.6 merupakan produksi energi listrik skenario pesimis PLTH *on grid* untuk setiap sistem pembangkit listrik, panel surya kapasitas 105 kW bisa menghasilkan energi listrik sebesar 154.668 kWh/tahun, turbin angin 100 kW menghasilkan energi listrik sebesar 62.453 kWh/tahun, pembelian listrik PLN sebesar 70.021 kWh/tahun, sehingga total

produksi listrik skenario pesimis PLTH *on grid* dalam 1 tahun adalah 287.142 kWh/tahun. *Renewable penetration* pada skenario pesimis PLTH *on grid* masih didominasi oleh energi terbarukan yaitu sebesar 75,7% yang disuplai dari panel surya dan turbin angin sehingga sistem ini masih lebih ramah lingkungan dari jaringan PLN.

Tabel 4.6 Produksi Listrik Skenario Pesimis PLTH *On Grid*

Variabel	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	287.142 kWh/tahun
XANT M21 ETR (100kW)	62.453 kWh/tahun
CanadianSolar All Black CS6K-290 MS	154.668 kWh/tahun
<i>Grid Purchase</i>	70.021 kWh/tahun
<i>Renewable Penetration (%)</i>	75,7

4.3.4 Perbandingan Skenario

Pada bagian ini akan membandingkan skenario optimis dan skenario pesimis dalam segi listrik maupun ekonomis untuk menjadi bahan pertimbangan kelayakan pengembangan PLTH *on grid* ketika kondisi energi terbarukan lebih kecil dari perkiraan NASA. Perbandingan skenario optimis dan skenario pesimis PLTH *on grid* ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan PLTH *On Grid* Skenario Optimis dan Skenario Pesimis dari Segi Listrik maupun Ekonomis

Variabel	Sistem Pembangkit PLTH <i>On Grid</i>	
	Skenario Optimis	Skenario Pesimis
Total Energi yang Dihasilkan (kWh/tahun)	386.832	287.142
Daya yang Dikirimkan <i>Grid</i> (kWh/tahun)	53.800	70.021
Daya yang Diproduksi Panel Surya (kWh/tahun)	184.524	154.668
Daya yang Diproduksi Turbin Angin (kWh/tahun)	148,508	62.453
Beban Pemakaian (kWh/tahun)	100.996	100.996
<i>Grid Sales</i> (kWh/tahun)	264.586	171.648
NPC (Rp)	1.929.310.277,06	3.318.246.000
COE (Rp/kWh)	408,23	941,45
<i>Renewable Penetration (%)</i>	86,1	75,7

Berdasarkan Tabel 4.7 pada skenario optimis ketika potensi energi terbarukan yang terdapat dilapangan sesuai dengan perkiraan dari NASA maka sistem PLTH bisa menghasilkan listrik sebesar 386.832 kWh/tahun, akan tetapi sistem PLTH tetap harus membeli energi listrik dari PLN sebesar 53.800 kWh/tahun, energi listrik yang dibeli dari PLN, hal ini menandakan pada waktu tertentu sistem PLTH tidak bisa menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan perhari, maka untuk memenuhi kebutuhan tersebut PLTH harus membeli listrik dari PLN melalui *grid*. Meskipun PLTH *on grid* harus membeli listrik dari PLN tetapi kebutuhan beban pertahun di pantai

Losari hanya sebesar 100.996 kWh/tahun, sehingga sistem PLTH masih memiliki kelebihan energi listrik yang bisa dijual lagi ke PLN sebesar 264.586 kWh/tahun, energi listrik yang dibeli jauh lebih kecil daripada energi listrik yang dijual kembali yang membuat sistem PLTH masih bisa mendapatkan keuntungan dari hasil penjualan listrik. Jika menghitung semua biaya yang terdapat pada sistem PLTH *on grid* maka nilai NPC sebesar Rp. 1.929.310.277,06 lalu COE Rp.408,23/kWh sedangkan harga jual kembali ke PLN ditentukan Rp.900/kWh sehingga masih terdapat selisih keuntungan sebesar Rp.491,77/kWh dari hasil penjualan listrik ini bisa mengembalikan biaya modal investasi yang telah dikeluarkan di awal selama jangka waktu proyek 25 tahun, bahkan terdapat keuntungan sebesar Rp.1.323.576.153,44 menjadikan sistem PLTH memiliki potensi yang layak untuk dikembangkan jika potensi energi terbarukan sesuai dengan perkiraan NASA.

Pada kasus pengembangan PLTH *on grid* diperlukan juga simulasi skenario pesimis sebagai antisipasi jika kondisi potensi energi terbarukan yang terdapat dilapangan lebih kecil dari perkiraan NASA, seperti yang bisa dilihat pada Tabel 4.7 perbedaan nilai parameter potensi energi terbarukan bisa mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan sistem PLTH, pada simulasi skenario pesimis diasumsikan kecepatan angin sebesar 3,51 m/s dan radiasi energi matahari 4,87 kWh/m²/hari. Berdasarkan Tabel 4.7 skenario pesimis hanya menghasilkan energi listrik sebesar 287.142 kWh/tahun, sehingga sistem PLTH harus menambah pembelian listrik dari PLN sebesar 16.221 kWh/tahun untuk memenuhi kebutuhan beban perhari. Semakin besar pembelian listrik dari PLN maka nilai NPC dan COE juga akan semakin besar, pada skenario pesimis nilai NPC sebesar Rp.3.318.246.000 dan COE Rp. 941,45/kWh, jika dibandingkan dengan skenario optimis nilai NPC dan COE pada skenario pesimis lebih besar meskipun dengan parameter beban yang sama, selain itu meski energi listrik yang dijual ke PLN lebih banyak daripada energi listrik yang dibeli tapi nilai COE pada skenario pesimis lebih besar dari harga jual listrik ke PLN yang telah ditentukan yaitu Rp.900/kWh sehingga tidak terdapat keuntungan dari penjualan listrik PLN hal ini membuat skenario pesimis tidak bisa mengembalikan modal awal yang telah dikeluarkan oleh investor, maka bisa dipastikan sistem PLTH skenario pesimis tidak layak untuk dikembangkan.

Berdasarkan hasil analisis skenario optimis dan pesimis, dalam kasus kelayakan pengembangan sistem PLTH harus bisa mengembalikan biaya modal yang telah dikeluarkan dalam jangka waktu proyek berlangsung yaitu 25 tahun, maka sistem harus bisa memproduksi energi listrik diatas 287.142 kWh/tahun dengan COE minimal sama besar dengan harga jual listrik ke PLN. Nilai COE pada skenario pesimis lebih besar Rp.41,45/kWh dari harga jual listrik PLN sehingga dapat diperkirakan minimal nilai potensi energi terbarukan yang dibutuhkan tidak terlalu jauh, yaitu berkisar antara 3,7-4 m/s untuk kecepatan angin dan 5-5,3 kWh/m²/hari untuk radiasi

matahari agar bisa memproduksi energi listrik di atas 287.142 kWh/tahun dan setidaknya sistem bisa mendapatkan nilai COE yang sama besarnya dengan harga jual energi listrik ke PLN, karena pembelian energi listrik dari PLN akan berkurang yang membuat nilai *annualize cost* juga ikut berkurang dan akan menekan nilai COE.



BAB V

KESIMPULAN

1.1 Kesimpulan

Setelah menganalisis hasil simulasi dari program HOMER, maka kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan perkiraan potensi energi terbarukan dari *database* NASA kawasan pantai Losari memiliki potensi energi angin dan matahari yang layak untuk dikembangkan. Hal ini bisa dilihat dari hasil analisis, sistem PLTH *on grid* pada skenario optimis bisa memproduksi energi listrik sebesar 386.832 kWh/tahun dengan COE hanya Rp.408,23/kWh, sedangkan kebutuhan beban pertahun di pantai Losari hanya sebesar 100.996 kWh/tahun sehingga terdapat kelebihan energi listrik yang dapat dijual kembali ke PLN dengan harga Rp.900/kWh, dengan selisih Rp.491,77/kWh sistem PLTH *on grid* skenario optimis bisa mengembalikan biaya modal awal dan mendapatkan keuntungan sebesar Rp. 1.323.576.153,44.
2. Simulasi skenario pesimis dibutuhkan untuk menjadi gambaran kemungkinan yang tidak diinginkan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem PLTH *on grid*. Pada skenario pesimis penelitian ini diasumsikan lebih kecil dari perkiraan NASA dengan kecepatan angin 3,51 m/s dan radiasi matahari 4,87 kWh/m²/hari menghasilkan energi listrik sebesar 287.142 kWh/tahun dengan NPC Rp.3.318.246.000 dan COE Rp. 941,45/kWh. Sistem PLTH *on grid* skenario pesimis tidak layak untuk dikembangkan karena nilai COEnya lebih besar dari harga jual listrik ke PLN sehingga tidak terdapat keuntungan bagi investor.
3. Syarat potensi energi terbarukan dalam pengembangan sistem PLTH *on grid* di pantai Losari setidaknya harus memiliki potensi energi terbarukan di atas skenario pesimis. Diperkirakan untuk menghasilkan energi listrik diatas 287.142 kWh/tahun dengan nilai COE yang sama dengan harga jual listrik ke PLN yaitu Rp900/kWh, minimal potensi energi terbarukan yang direkomendasikan berkisar antara 3,7-4 m/s untuk kecepatan angin dan 5-5,3 kWh/m²/hari untuk radiasi matahari, karena dengan bertambahnya jumlah produksi energi listrik akan menekan nilai COE.

1.2 Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya, yaitu:

1. Perlu mengukur potensi energi secara real time menggunakan perangkat keras agar hasil lebih akurat.
2. Untuk kedepannya diharapkan area penelitiannya lebih luas.
3. Perlu mengkaji lebih dalam faktor-faktor lain yang nantinya akan mempengaruhi kinerja PLTH surya-angin.
4. Diharapkan penelitian kedepannya akan meneliti dengan membandingkan dengan sistem yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Timoteus Gultom, "Pemenuhan Sumber Tenaga Listrik Di Indonesia," *J. Ilm. Res. Sains*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [2] Kementerian ESDM, "Jurnal Energi," 2016, [Online]. Available: [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf).
- [3] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Out Look 2019," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [4] R. Astri, "PROYEKSI JANGKA PANJANG KEBUTUHAN ENERGI SULAWESI SELATAN MENGGUNAKAN SKENARIO SISTEM ENERGI BERSIH," *Tesis*, pp. 1–114, 2016.
- [5] I. C. Pratama, M. Y. Jinca, and Y. K. D. Sutopo, "Strategi Pengembangan Infrastruktur Energi Listrik untuk Mewujudkan Makassar Sustainable City," *J. Penelit. Enj.*, vol. 23, no. 1, pp. 79–90, 2019, doi: 10.25042/jpe.052019.11.
- [6] G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, 2012, doi: 10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004.
- [7] S. Martosaputro and N. Murti, "Blowing The Wind Energy in Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 273–282, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.01.225.
- [8] H. Mubarok and M. Farid, "Hybrid Power Plant System Analysis in Seruni Beach, Bantaeng District, South Sulawesi," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1413, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1413/1/012010.
- [9] T. Hardianto, B. Supeno, A. Saleh, D. K. Setiawan, Gunawan, and S. Indra, "Potential of Wind Energy and Design Configuration of Wind Farm on Puger Beach at Jember

- Indonesia,” *Energy Procedia*, vol. 143, pp. 579–584, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.730.
- [10] T. Suhartanto, “Tenaga Hibrid (Angin dan Surya) di Pantai Baru Pandansimo Bantul Yogyakarta,” *Jnteti*, vol. 3, no. 1, pp. 76–82, 2014.
- [11] M. A. D. Prasetyo, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-Pv di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer,” p. 27, 2015, [Online]. Available: [http://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/65672/Ainul Latifah-101810401034.pdf?sequence=1](http://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/65672/Ainul%20Latifah-101810401034.pdf?sequence=1).
- [12] C. Cahya Kartika, “Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Hibrida Generator AC- Sel Surya dan Pengisian Baterai Skala Kecil Menggunakan Arduino Mega 2560,” *Tek. Elektro*, 2017.
- [13] D. D. M. ST, and E. I. Yohana, “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Megikuti Pergerakan Arah Matahar,” *Tek. Mesin*, 2011.
- [14] ESDM, “Peta Intensitas Radiasi Matahari di Indonesia.” <https://litbang.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/dukung-kebijakan-energi-nasional-dengan-pemetaan-potensi-energi-baru-terbarukan>.
- [15] D. D. Anggoro, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin dalam Penyediaan Energi Industri Mikro,” *Skripsi Tek. Elektro*, 2016.
- [16] I. K. Sukarasa and N. L. P. Trisnawati, “Analisis Dampak El-Nino Terhadap Curah Hujan pada Bulan Basah dan Kering di Kintamani,” 2018.
- [17] T. Yulianti, D. Nugrahini, and E. Sutrisna, “Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh,” *Eval. Pengguna. obat pada ibu hamil di rumah sakit X Surakarta*, vol. 10, no. 1, pp. 22–26, 2009.
- [18] E. A. Latif, “Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kabupaten Kepulauan Mentawai (Studi Kasus: Desa Betumonga),” *Tek. Elektro*, pp. 11–29, 2018, [Online]. Available: [http://repository.unpas.ac.id/37105/1/BAB II.pdf](http://repository.unpas.ac.id/37105/1/BAB%20II.pdf).
- [19] F. Huda, D. W. Fransisco, and W. Wahyu, “Analisis Potensi dan Kapasitas Energi Hibrida di Desa Komor, Kecamatan Unir Sirau Kabupaten Asmat, Papua,” pp. 131–138, 2019.
- [20] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, “Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku,” no. 2, pp. 181–187, 2011.
- [21] Vaisala, “Peta Kecepatan Angin Indonesia,” p. 2015, 2015, [Online]. Available: <http://www.vaisala.com/en/energy/support/Resources/Pages/Free-Wind-And-Solar-Resource-Maps.aspx>.

- [22] H. Zahboune, S. Zouggar, G. Krajacic, P. S. Varbanov, M. Elhafyani, and E. Ziani, “Optimal Hybrid Renewable Energy Design in Autonomous System Using Modified Electric System Cascade Analysis and Homer Software,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 126, pp. 909–922, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.08.061.
- [23] N. A. Hidayatullah and H. N. K. Ningrum, “Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker,” *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 1, no. 1, pp. 7–12, 2017, doi: 10.32486/jeecae.v1i1.5.
- [24] P. Kumar, R. Pukale, N. Kumabhar, and U. Patil, “Optimal Design Configuration Using HOMER,” *Procedia Technol.*, vol. 24, pp. 499–504, 2016, doi: 10.1016/j.protcy.2016.05.085.

LAMPIRAN





Technical Specification for Valve Regulated Lead-Acid Batteries (VRLA)



1. Application

BAE PVV Block solar batteries are maintenance-free and used to store electric energy in small solar photovoltaic installations.

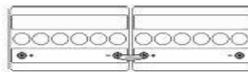
2. Technical data (Reference temperature 20°C)

Type	C _{1h} Ah	C _{2h} Ah	C _{5h} Ah	C _{10h} Ah	C _{20h} Ah	C _{30h} Ah	C _{100h} Ah	R _i (1) mΩ	I _{sc} (2) kA	Length mm	Width mm	Height mm	Weight kg
Ue [V per cell]	1.65	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80						
12V 1 PVV 70	37.1	57.3	61.6	69.9	71.8	72.6	74.8	21.60	0.58	272	205	385	43
12V 2 PVV 140	71.5	109	118	133	137	138	144	10.80	1.15	272	205	385	52
12V 3 PVV 210	107	165	178	201	206	208	216	7.20	1.73	380	205	385	74.2
6V 4 PVV 280	148	229	246	280	287	290	300	2.70	2.30	272	205	385	51
6V 5 PVV 350	185	286	308	349	359	362	374	2.16	2.88	380	205	385	65
6V 6 PVV 420	222	344	370	419	431	435	448	1.80	3.45	380	205	385	73.8
2V 12 PVV 840	445	688	740	835	862	872	900	0.30	6.90	272	205	385	51
2V 15 PVV 1050	557	860	926	1 044	1 070	1 089	1 123	0.24	8.63	380	205	385	65
2V 18 PVV 1260	668	1 030	1 110	1 260	1 290	1 308	1 348	0.20	10.35	380	205	385	73.8

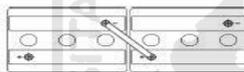
1) R_i and 2) I_{sc} values according to IEC 60896-21

All values given in the table correspond to 100 % DOD. Please consider item 7.

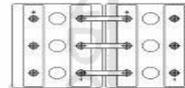
3. Terminal position



12V 1 PVV 70 to 12V 3 PVV 210



6V 4 PVV 280 to 6V 6 PVV 420



2V 12 PVV 840 to 2V 18 PVV 1260

Terminals are designed as female poles with brass inlay M10 for flexible insulated copper cables with cross-section 25, 35, 50, 70, 95 or 120 mm² or insulated solid copper connectors with cross-section. 90, 150 or 300 mm².

Technical Specification of BAE SECURA PVV BLOCK solar

4. Design

- positive electrode
- negative electrode
- separation
- electrolyte
- container and lid
- valve
- pole-bushing
- kind of protection

tubular - plate with a polyester gauntlet and solid grids in a corrosion-resistant PbCaSn - alloy
 grid - plate in PbCaSn alloy with long life expander material
 Microporous separator
 sulphuric acid with a density of 1.24 kg/l, fixed as GEL by fumed silica
 high impact, SAN (Styrol-Acrylic-Nitrile), grey coloured, UL-94 rating: HB, on request also in UL-94 rating: V-0
 one valve per cell with flame arrestor, opening pressure approx. 120 mbar
 100% gas- and electrolyte-tight, sliding, plastic-coated "Panzerpol"
 IP 25 regarding DIN 40050, touch protected according to VBG 4

5. Installation

BAE SECURA PVV BLOCK solar batteries are designed for indoor applications.

6. Maintenance

- every 6 months
- every 12 months

check battery voltage as well as temperature
 check of mechanical and electrical connections, record battery cell voltage as well as temperature

7. Operational data

depth of discharge (DOD)

max. 80 % (U_e = 1.91 V/cell for discharge times >10 h; 1.80 V/cell for 1 h), deep discharges of more than 80 % DOD have to be avoided
 may vary from 5 x I₁₀ down to 0.01 x I₁₀
 2.25 V per cell

charge current

floating voltage

charge voltage at cyclic operation

• DOD per day < 40 % C₂₀

• DOD per day > 40 % - 60 % C₁₀

adjustment of charge voltage

2.30 V - 2.35 V per cell
 2.35 V - 2.40 V per cell
 no adjustment necessary if battery temperature is between 10 °C and 45 °C in the monthly average,
 otherwise ΔU/ΔT = -0.003 Vpc/K
 within a period of one up to 4 weeks
 2100 (A+B)
 -20 °C to 45 °C, recommended temperature range 10 °C to 30 °C
 approx. 2 % per month at 20 °C

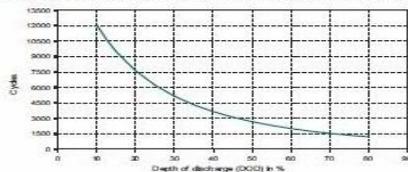
recharge to 100 %

IEC 61427 cycles

operational temperature

self-discharge

8. Number of cycles as function of DOD (Depth of discharge)



9. Transport

Batteries are not subject to ADR (road transport), if the conditions of special rule 598 (chapter 3.3) are observed.

10. Standards

Test standard

Safety standard, ventilation

IEC 60896-21, IEC 61427

EN 50272-2

XANT M-21 (100 kW) - Class I^A

XANT N.V. | Vaartstraat 63 - 65, 1000 Brussels, BELGIUM
Tel. + 32 56 707 055 | info@xant.com | www.xant.com

WIND TURBINE RATING

Rated electrical power	100 kW
Power factor	0.9 inductive - 0.9 capacitive
Cut-in wind speed	3 m/s
Survival wind speed	70 m/s
Electrical output	400 VAC, 50 - 60 Hz

GENERAL CONFIGURATION

Rotation axis	Horizontal
Rotor Orientation	Downwind
Rotor Diameter	21 m
Number of blades	3
Drive train	Direct-drive permanent-magnet generator
Converter	Full-power electronic converter

SAFETY & CONTROL SYSTEMS

Power regulation	Variable speed, stall with aerodynamically-tuned blades
Braking systems	Electrical brake and electromechanical brake
Monitoring system	Webbased HMI
Controller	Industrial PLC

PRODUCT MASS & FOOTPRINT

Tower top mass	7.5 tons
Total mass	14 tons (stand-alone tower)
Footprint	+/- 1.5 m ² (stand-alone tower)
Concrete volume	50 m ³

CERTIFICATIONS

Turbine Class	IEC 61400-1 Class I ^A
Certification	Design compliance by DNVGL

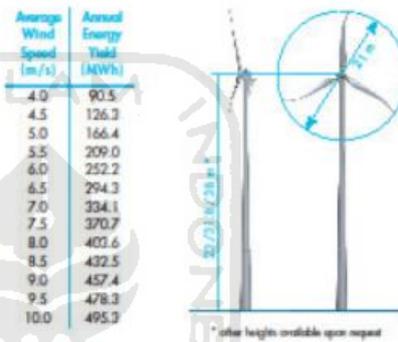
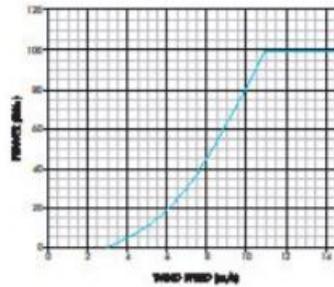
TOWER

Type	Tubular stand-alone or tubular guyed tower
Hub height	23 / 31.8 / 38 m *

TRANSPORT AND INSTALLATION

Transport	standard 40ft OT container
Erection	Gin pole with reeving systems or crane

POWER CURVE



All rights of property and design are reserved. All data may change without prior notice of the manufacturer. The technical data stated above may change in order to comply with the local code requirements. 2016 © XANT N.V.

MW0117

CANADIAN SOLAR SUPERPOWER CS6K-290MS 290W MONO SOLAR PANEL



CANADIAN SOLAR

MSRP: ~~\$369.78~~
\$181.25
 (YOU SAVE \$188.53)

SKU: SLR-110-1170

Note: Out of Stock

Condition: New

Weight: 40.10 LBS

Shipping: Calculated at checkout

Unavailable. See manufacturer for similar products.

- Buy 4 - 23 and get 2% off
- Buy 24 or above and get 5% off



General Information

Manufacturer:
 Product Line:
 Model ID:
 Certifications and Safety Ratings:

Canadian Solar
 SuperPower
 CS6K-290MS



Mechanical Data

Technology: Monocrystalline (Mono)
 Dimensions: 65.00 x 39.10 x 1.57 inches (CS6K-290MS Dimensions)
 Weight: 40.10 lbs
 Cell Arrangement: 60 (6x10)
 Front Cover: 3.2mm Tempered Glass
 Frame Material: Anodized Aluminum Alloy (Black)
 Junction Box: IP67, 3 Diodes
 Cable: (4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000 V (UL) , 1000 mm (39.4 in)
 Module Connector: T4 Series or PV2 Series
 Per Pallet: 26 Pieces, 1146.40 lbs
 Per Container (40' HQ): 728 Pieces
 Operating Temperature: -40°C to +85°C

Electrical Data

Nominal Maximum Power (Pmax): 290 Watts
 Optimum Operating Voltage (Vmp): 32.10 Volts
 Optimum Operating Current (Imp): 9.05 Amps
 Open Circuit Voltage (Voc): 39.30 Volts
 Short Circuit Current (Isc): 9.67 Amps
 Module Efficiency: 17.72%
 Maximum System Voltage: 1000V (IEC) or 1000V (UL)
 Module Fire Performance: Type1 (UL 1703) or Class C (IEC 61730)
 Max Series Fuse Rating: 15 Amps
 Application Classification: Class A
 Power Tolerance: 0 / +5 W

Datasheets

Document	Type
Canadian Solar CS6K-290MS Specs	Specifications
Canadian Solar CS6K-290MS Installation	Installation Guide
Warranty	10 Year Limited Product Warranty
Performance Guarantee	25 Year Limited Performance Warranty
Canadian Solar Warranty	Warranty



[View larger image](#)



Add to Compare [Share](#)

Bluesun 30Kw On Off Grid Hybrid Solar Inverter For Off Grid 30 Kv Solar System

1 - 9 Pieces	10 - 29 Pieces	>=30 Pieces
\$5,200.00	\$4,680.00	\$3,800.00

Application: [All 3 Options](#) ∨

Output Power:

Shipping: [Support Express](#) - [Sea freight](#) - [Land freight](#)

Lead Time:	Quantity(Pieces)	1 - 10	11 - 50	51 - 100	>100
	Est. Time(days)	7	10	15	Negotiable

Customization: [Customized logo \(Min. Order: 10 Pieces\)](#)
[Customized packaging \(Min. Order: 10 Pieces\)](#) [More](#) ∨

Samples: \$5,200.00 /Piece | 1 Piece (Min. Order) [Buy Samples](#)

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Payments: ∨

[Alibaba.com Logistics](#) - [Inspection Solutions](#) - [Production View](#)

Technical Specification

	Sinexcel SPC-30	Sinexcel SPC-50	Sinexcel SPC-100
System parameters			
Rated voltage level	400V		
Input phase voltage range	-40%~ +20%		
Grid frequency	50Hz (range: 45Hz~55Hz)		
Overall efficiency	> 97%		
Network structure	Three-phase three-wire, three-phase four-wire		
Circuit topology	Three-level		
Performance indicators			
Three-phase equilibrium compensation capability	Imbalance <5%		
Rated current	45A	75A	150A
Reactive power compensation range	-1~1 adjustable		
Reactive power compensation capacity	30Kvar	50Kvar	100Kvar
Reactive power compensation rate	>99%		
Response time	<15ms		
Protection	Overvoltage protection, undervoltage protection, short circuit protection, reverse polarity protection for inverter bridge, over-compensation protection, double lightning protection		
Power distribution function	Single channel power distribution with C-class lightning protection		Two channel power distribution with C-class lightning protection

Technical Specification

	Sinexcel SPC-30	Sinexcel SPC-50	Sinexcel SPC-100
Communications monitoring capabilities			
Display	Voltage, current, frequency, power factor, operating temperature and other real-time information		
Communication interface	RS485/CAN/ Ethernet port		
	Wireless wi-fi/GPRS - (optional)		
Communication protocol	Modbus protocol / background protocol		
Mechanical properties			
Dimensions	W750*D350*H1092		W748*D498*H1090
Color	Stainless steel		
Weight	58KG	72KG	135KG
Installation method	Outdoor floor/hanging		
Installation tilt angle	<5°		
Environmental requirements			
Operating temperature	-10~45 °C		
Elevation	<1500m; derate in accordance with GB/T3859.2 or contact the dealer if above 1500m		
IP rating	IP44		
Seismic capacity	8		

Simulation Results

System Architecture: BAE PVS Block 12V 210 (115 strings) HOMER Cycle Charging
 CanadianSolar All-Black CS6K-290MS (105 kW) Sinexcel 30kW (60.0 kW)
 XANT M-21-ETR [100kW] (1.00) Grid (999,999 kW)

Total NPC: Rp1,929,310,000.00
 Levelized COE: Rp408.23
 Operating Cost: -Rp62,196,540.00

Cost Summary | Cash Flow | Compare Economics | Electrical | Renewable Penetration | BAE PVS Block 12V 210 | CanadianSolar All-Black CS6K-290MS | XANT M-21-ETR [100kW] | Grid | Sinexcel 30kW | Emissions

You may choose a different base case using the Compare Economics button on the Results Summary Table.

Architecture	Cost
Base system CS6K-290MS (kW) XANT21 BAE PVS210 Grid (kW) Sinexcel 30 (kW) NPC (Rp) Initial capital (Rp)	999,999 Rp1.92B Rp0.00
Proposed system 105 1 115 999,999 60.0	Rp1.93B Rp2.73B

Metric	Value
Present worth (Rp)	-Rp13,964,410
Annual worth (Rp/yr)	-Rp1,080,208
Return on investment (%)	3.7
Internal rate of return (%)	5.8
Simple payback (yr)	12.58
Discounted payback (yr)	n/a

Charts...

Create Proposal Time Series Plot Other...

Simulation Results

System Architecture: BAE PVS Block 12V 210 (115 strings) HOMER Cycle Charging
 CanadianSolar All-Black CS6K-290MS (105 kW) Sinexcel 30kW (60.0 kW)
 XANT M-21-ETR [100kW] (1.00) Grid (999,999 kW)

Total NPC: Rp1,929,310,000.00
 Levelized COE: Rp408.23
 Operating Cost: -Rp62,196,540.00

Cost Summary | Cash Flow | Compare Economics | Electrical | Renewable Penetration | BAE PVS Block 12V 210 | CanadianSolar All-Black CS6K-290MS | XANT M-21-ETR [100kW] | Grid | Sinexcel 30kW | Emissions

Cost Type: Net Present Annualized
 Categorize: By Component By Cost Type

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE PVS Block 12V 210	Rp11,201,924.16	Rp4,003,760.78	Rp14,481,260.00	Rp0.00	-Rp1,639,922.09	Rp28,047,022.86
CanadianSolar All-Black CS6K-290MS	Rp82,305,058.05	Rp0.00	Rp42,560,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp124,865,058.05
Grid	Rp0.00	Rp0.00	-Rp159,203,309.68	Rp0.00	Rp0.00	-Rp159,203,309.68
Sinexcel 30kW	Rp27,524,544.15	Rp18,237,163.49	Rp5,930,400.00	Rp0.00	-Rp2,472,645.23	Rp49,219,462.40
XANT M-21-ETR [100kW]	Rp90,405,608.50	Rp23,057,577.99	Rp5,843,600.00	Rp0.00	-Rp12,994,423.93	Rp106,312,362.56
System	Rp211,437,134.87	Rp45,298,502.25	-Rp90,388,049.68	Rp0.00	-Rp17,106,991.25	Rp149,240,596.20

Create Proposal Time Series Plot Other...

Simulation Results

System Architecture: Grid (999,999 kW) HOMER Cycle Charging

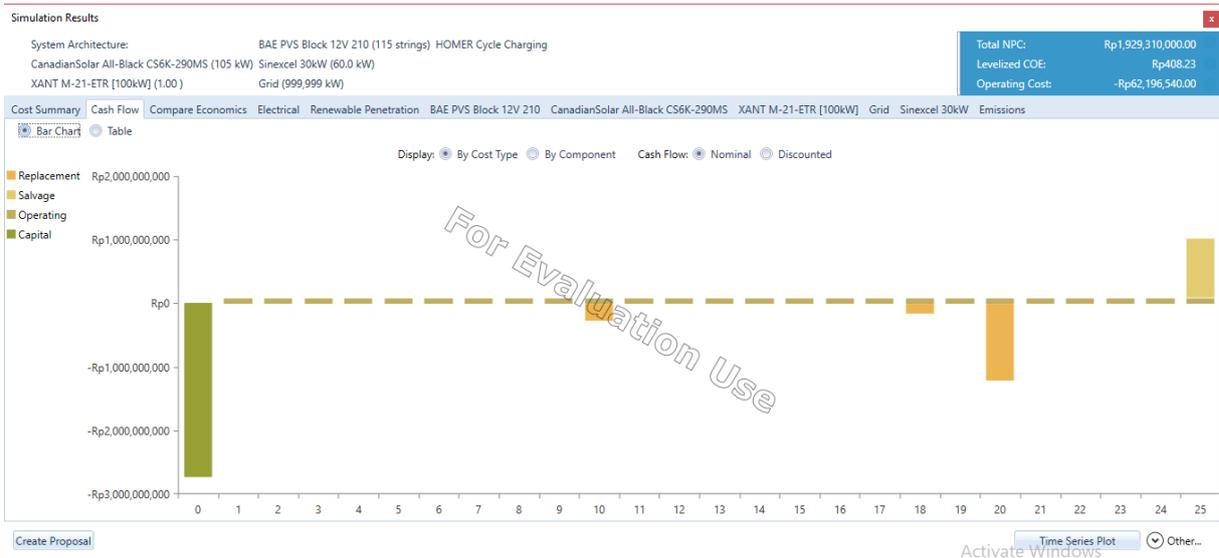
Total NPC: Rp1,915,346,000.00
 Levelized COE: Rp1,467.00
 Operating Cost: Rp148,160,400.00

Cost Summary | Cash Flow | Compare Economics | Electrical | Grid | Emissions

Cost Type: Net Present Annualized
 Categorize: By Component By Cost Type

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
Grid	Rp0.00	Rp0.00	Rp148,160,398.50	Rp0.00	Rp0.00	Rp148,160,398.50
System	Rp0.00	Rp0.00	Rp148,160,398.50	Rp0.00	Rp0.00	Rp148,160,398.50

Create Proposal Time Series Plot Other...



Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	63,829	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	277	kg/yr
Nitrogen Oxides	135	kg/yr

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	34,001	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	147	kg/yr
Nitrogen Oxides	72.1	kg/yr

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	100,996	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Total	100,996	100

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	100,996	27.6
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	264,586	72.4
Total	365,581	100

