

**ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT TENAGA
HIBRIDA DI PANTAI SERUNI, KABUPATEN BANTAENG,
SULAWESI SELATAN**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Muh Farid

1454056

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

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA TENAGA SURYA
DAN ANGIN DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**



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:

Muh Farid

14524056

Yogyakarta,

Menyetujui,

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Husein Mubarak', is written over a horizontal line.

Husein Mubarak, S.T., M.Eng.

NIP : 155241305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID TENAGA SURYA DAN
ANGIN DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Muh Farid

14524056

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 27 November 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, S.T., M.Eng. _____

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

Anggota Penguji 2: Alvin Sahroni, S.T., M.Eng., Ph.D. _____

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

Tanggal: 27 November 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Zusliq 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, 27 November 2018



Muh Farid

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Alhamdulillahirabil'alamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas nikmat serta pertolong-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata satu (S1) Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang syafa'atnya selalu dinantikan hingga akhir zaman nanti.

Dengan segala kerendahan hati, penulis sadar bahwa segala hal tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT tuhan semesta alam, begitupun laporan ini tidak mampu diselesaikan secara sempurna atas ketidakmampuan penulis pribadi, sehingga dalam proses penulisan ini penulis mendapatkan berbagai bantuan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ibu Dra. Megawati M.M., dan Ayah Ir Awaluddin Saruman S.T. atas doa dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Husein Mubarak S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan bantuan pikiran serta materi sehingga panulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia\
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, terimakasih atas bimbingan selama kuliah dari awal semester hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
5. Keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia pada umumnya dan khususnya angkatan 2014, terima kasih atas bantuan, kenangan, dan kesolidaritasnya selama kuliah ini.
6. Teman-teman Akatsuki yang selalu mendukung, memberikan semangat dan memberikan ilmunya selama kuliah dan dalam pengerjaan tugas akhir.
7. Dan banyak pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan, yang telah membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari laporan ini jauh dari kesan sempurna sehingga penulis mengharapkan mendapatkan kritik dan saran yang positif serta penulis mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kekurangan dan kesalahan yang terjadi baik sengaja maupun yang tidak tidak disengaja. Semoga Allah selalu menyertai dan meridhoi kita semua aamiin

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 1 Agustus 2018

Muh Farid

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
HOMER	<i>Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
kWh	KiloWatt hours
NPV	<i>Net Present Value</i>
NPC	<i>Net Present Cost</i>
O&M	<i>Operating and Maintenance</i>
COE	<i>Cost of Energy</i>
PP	<i>Payback Period</i>
DC	<i>Direct Current</i>
AC	<i>Alternating current</i>
Ah	Ampere hour
kW	kilowatt
W	Watt
M	Meter
m ²	Meter persegi
m ³	Meter kubik
Wh	Watt hour
V	Volt

Singkatan	Keterangan
m/s	Meter/sekon
Rp	Rupiah
Kg	kilogram
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
AC	<i>Air Conditioner</i>

ABSTRAK

Pantai Seruni merupakan salah satu tempat wisata yang berada di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan. Sebagai daerah yang memiliki potensi sebagai tempat wisata harus didukung dengan suplai tenaga listrik yang memadai. Sumber listrik di Pantai Seruni hanya disuplai oleh pembangkit listrik Negara atau PLN. Untuk mengurangi suplai energi listrik dari PLN maka dirancang pembangkit listrik hibrida yang memanfaatkan potensi sumber energi alternatif berupa energi angin dan surya. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan pembangkit hibrida tenaga surya dan angin yang efisien sebagai pembangkit cadangan dalam menyuplai beban listrik yang berada disekitar Pantai. Penelitian menggunakan HOMER sebagai penentu pembangkit yang optimal. Indikator yang digunakan sebagai penilaian dari sisi ekonomis yaitu *payback period* (PP), *net present value* (NPV), *net present cost* (NPC), serta *cost of energy* (COE). Penelitian menggunakan 2 skema untuk melakukan perhitungan terhadap indikator yang digunakan. Skema 1 hanya menggunakan grid sebagai penyuplai beban listrik, dan pada skema 2 menggunakan turbin angin, panel surya, serta grid. Hasil penelitian ini adalah pembangkit hibrida tenaga surya dan angin menghasilkan daya 390.620 kWh/tahun. Skema 1 memiliki nilai NPC yang lebih tinggi sebesar Rp 4.632.183.000 sedangkan skema 2 memiliki nilai NPC sebesar Rp 2.555.496.645. Biaya yang dikeluarkan oleh skema 2 untuk menghasilkan listrik per kWh lebih kecil yaitu sebesar Rp 304,709 dibandingkan pada skema 1 sebesar Rp 1467,28. pada skema 2, NPV bernilai positif sebesar Rp 1.037.919.493 dan dari hasil perhitungan *payback period*, waktu yang diperlukan untuk mengembalikan biaya investasi pembangkit tenaga surya dan angin yaitu 5 tahun 10 bulan.

Kata kunci : Energi Alternatif, HOMER, turbin angin, panel surya

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
Tujuan dari penelitian ini adalah:.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur.....	4
2.2 Tinjauan Teori	4
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida	4
2.2.2 Sistem perubahan energi surya menjadi energi listrik.....	5
2.2.3 Jenis – jenis panel surya	5
2.2.4 Energi Surya di Pantai Seruni.....	6

2.2.5 Potensi Energi angin di Pantai Seruni	7
2.2.6. <i>Grid Tie Inverter</i>	8
2.2.7. Baterai	9
2.2.8 <i>Payback Period (PP)</i>	9
2.2.9 Net Present Value (NPV)	10
2.2.10 Cost Of Energy (COE)	10
2.2.11 Net Present Cost (NPC).....	11
BAB 3 METODOLOGI	12
3.1 Alat dan Bahan penelitian	12
3.2 Alur Penelitian.....	12
3.3 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya dan Angin menggunakan HOMER	13
3.4 Komponen Pembangkit	14
3.4.1 Beban Listrik	14
3.4.2 Baterai.....	15
3.4.3 Konverter	15
3.4.4 Turbin Angin	16
3.4.5 Panel Surya.....	16
3.4.6 Grid.....	17
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Analisa	18
4.2 Hasil Perancangan Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin dan Surya	18
4.3 Analisa pada Pembangkit dari Segi Ekonomis.....	19
4.3.1 Skema pertama	19

4.3.2 Skema 2	21
4.3.3 Perbedaan skema 1 dengan skema 2 dari segi nilai ekonomis	26
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	18
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik radiasi sinar matahari di Pantai Seruni	6
Gambar 2. 2 Grafik kecepatan angin di Pantai Seruni	7
Gambar 3. 1 Gambar diagram alir penelitian.....	12
Gambar 3.2 Skema 1	13
Gambar 3.3 Skema 2	14
Gambar 3.4 Pengaturan Beban Listrik	14
Gambar 3.5 spesifikasi dan harga baterai.....	15
Gambar 3.6 Spesifikasi dan harga konverter.....	15
Gambar 3.7 Spesifikasi dan harga turbin angin.....	16
Gambar 3.8 Spesifikasi dan harga panel surya.....	16
Gambar 3.9 Spesifikasi pada grid.....	17
Gambar 4.1 Hasil Skema 1.....	18
Gambar 4.2 Hasil Skema 2.....	19
Gambar 4. 3 Hasil kalkulasi HOMER untuk <i>Net Present Cost</i> skema 1	20
Gambar 4. 4 Perbandingan Daya Keluaran Pembangkit Hibrida dan Beban Harian	22
Gambar 4. 5 Hasil kalkulasi <i>net present cost</i> skema 2 pada perangkat HOMER	22

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Parameter ekonomis pada grid PLN skema 1.....	19
Tabel 4. 2 Data konsumsi energi listrik dan <i>total annualized cost</i>	20
Tabel 4.3 Parameter ekonomis pada pembangkit hibrida skema 2	21
Tabel 4. 4 tabel produksi energi per tahun	21
Tabel 4.5 Data konsumsi energi listrik dan <i>total annualized cost</i>	22
Tabel 4.6 Net present value pada pembangkit hibrida surya dan angin.....	23
Tabel 4. 7 Perbedaan skema 1 dan skema 2	25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bantaeng adalah sebuah kabupaten yang berada di provinsi Sulawesi Selatan yang mempunyai luas daerah seluas 395,83 km². Kabupaten Bantaeng berada di daerah dengan pantai yang memiliki potensi sebagai daerah industri dan pariwisata. Sebagai daerah yang memiliki potensi sebagai tempat wisata harus didukung dengan suplai tenaga listrik dengan baik. Sumber listrik di kabupaten Bantaeng hanya disuplai oleh pembangkit listrik Negara atau PLN di daerah tersebut meskipun di daerah tersebut memiliki beberapa pantai yang dapat dimanfaatkan untuk dibangun pembangkit listrik tenaga surya dan angin.

Energi angin merupakan sumber daya yang berlimpah yang tersedia di alam sebagai sumber energi alternatif yang dapat terus diperbaharui (energi terbarukan) yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Begitupun dengan pembangkit listrik tenaga surya yang memanfaatkan energi panas matahari, namun pemanfaatan sumber daya alam yang dapat diperbaharui masih sangat minim dalam penggunaannya. PT PLN (Persero) menyatakan bahwa pada tahun 2010 - 2019 diperkirakan bahwa kebutuhan listrik mencapai 55.000 MW, sehingga rata – rata peningkatannya sebesar 5.500 MW. Dari total 32.000 MW daya, (57%) dibangun oleh PLN, sedangkan 23.500 MW sisanya akan dibangun oleh swasta[1]. Dari data tersebut dapat disimpulkan pembangkit listrik khususnya di Indonesia masih bergantung kepada PLN yang menggunakan energi tidak terbarukan sebagai sumber energinya dan masih kurangnya pemanfaatan dari sumber energi terbarukan.

Kabupaten Bantaeng merupakan daerah percontohan di Provinsi Sulawesi Selatan karena memiliki sektor unggulan yang didominasi oleh industri, yaitu adanya pembangunan fasilitas pengolahan hasil tambang atau smelter dan industri air bersih serta sektor pariwisata yaitu berupa wisata pantai. Selain itu, potensi sumber daya alam berupa energi panas matahari dan angin yang berada di daerah Kabupaten Bantaeng cocok untuk dijadikan sebagai energi pembangkit energi listrik terbarukan. Dengan tersedianya pembangkit listrik terbarukan

tersebut, diharapkan dapat mendukung sektor unggulan tersebut dalam hal penyediaan energi listrik. Perancangan yang dilakukan menggunakan software Homer sebagai software yang merancang, menguji, dan mensimulasikan hasil dari perancangan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana spesifikasi optimal pembangkit hibrida yang dirancang di daerah Pantai Seruni?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan sumber daya alam sebagai energi pembangkit listrik yang ada di kabupaten Bantaeng khususnya di daerah Pantai seruni
2. Merancang pembangkit listrik tenaga hibrida sebagai pembangkit cadangan disekitar pantai tersebut.
3. Menjadikan pembangkit tersebut sebagai pembangkit yang efisien dari segi ekonomi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah :

- Memanfaatkan sumber daya alam sebagai energi pembangkit terbarukan sebagai penunjang kebutuhan listrik di Pantai Seruni
- Dapat menghemat biaya pengeluaran khususnya pengeluaran dalam hal biaya kelistrikan.
- Membatasi penggunaan listrik dari PLN sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- Pembangkit listrik hibrida berasal dari turbin angin dan panel surya
- Perancangan menggunakan perangkat lunak HOMER
- Beban listrik yang disuplai berupa AC, lampu, speaker, mesin kopi, magic com, dan blender

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Salah satu energi yang dibutuhkan saat ini ialah energi listrik. Energi listrik merupakan sumber daya alam yang dibutuhkan di berbagai kegiatan. Kebutuhan akan energi listrik akan meningkat seiring dengan adanya perkembangan baik dari sisi perkembangan penduduk, ekonomi, teknologi serta perkembangan di dunia pendidikan. Kebutuhan terhadap energi listrik harus diimbangi dengan penambahan sumber energi terbarukan, karena sebagian energi yang digunakan masih memanfaatkan energi fosil, sementara fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan dan akan habis jika digunakan terus menerus.

Sistem Hibrida dapat menggunakan 2 atau lebih pembangkit listrik. Pembangkit listrik seperti PLTS, microhydro, genset, PLTA merupakan pembangkit listrik yang umumnya digunakan di Indonesia. Tujuan adanya pembangkit listrik ini adalah untuk menggabungkan keunggulan tiap pembangkit serta menutupi kelemahannya di kondisi – kondisi tertentu sehingga lebih efisien dan ekonomis dalam pengoperasiannya.

A.S Arota[2] membuat model pembangkit yang menggunakan energi angin dan matahari sebagai sumber energi pembangkit listrik hibrida yang didukung oleh diesel generator sebagai tenaga sekunder dan baterai sebagai tempat penyimpanan energi. Selain itu, HOMER juga dapat menentukan optimalisasi arsitektur dari sistem pembangkit hibrida sehingga dapat memperoleh simulasi yang optimal dan menjadi solusi dalam perancangan pembangkit listrik hibrida.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Pembangkit listrik tenaga hibrida merupakan sistem pembangkit listrik yang memiliki dua atau lebih yang saling terintegrasi. Pembangkit hibrida terdiri dari dua

pembangkit, yaitu pembangkit listrik energi terbarukan (renewable) dan konvensional atau terdiri dari gabungan pembangkit listrik terbarukan. Tujuan dari sistem hibrida yaitu mendapatkan efisiensi atau memanfaatkan energi alternatif sebagai sumber energi listrik. Sumber energi alternatif yang biasa digunakan dalam perancangan sistem hibrida menggunakan energi surya dengan menggunakan *photovoltaic* (PV) serta energi angin yang menggunakan turbin angin sebagai pembangkit.[3]

2.2.2 Sistem perubahan energi surya menjadi energi listrik

Proses perubahan energi matahari dalam membangkitkan energi listrik yaitu melalui proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV)[4]. Photovoltaic cell adalah sebuah komponen semikonduktor yang menyerap photon dari sinar matahari dan merubahnya menjadi energi listrik. Photovoltaic terdiri dari semikonduktor yang mempunyai kutub positif dan negatif yang terbuat dari silikon yang dicampur oleh bahan kimia khusus.

Prinsip kerja dari sel surya bergantung dari intensitas cahaya matahari yang diserap. Semakin banyak cahaya yang diserap maka semakin besar juga daya yang dibangkitkan

2.2.3 Jenis – jenis panel surya

Panel Surya terbagi atas beberapa jenis yang berbeda dan mempunyai karakteristik yang berbeda. Berikut adalah jenis dari sel surya:

a. Panel surya Poly-Crystalline

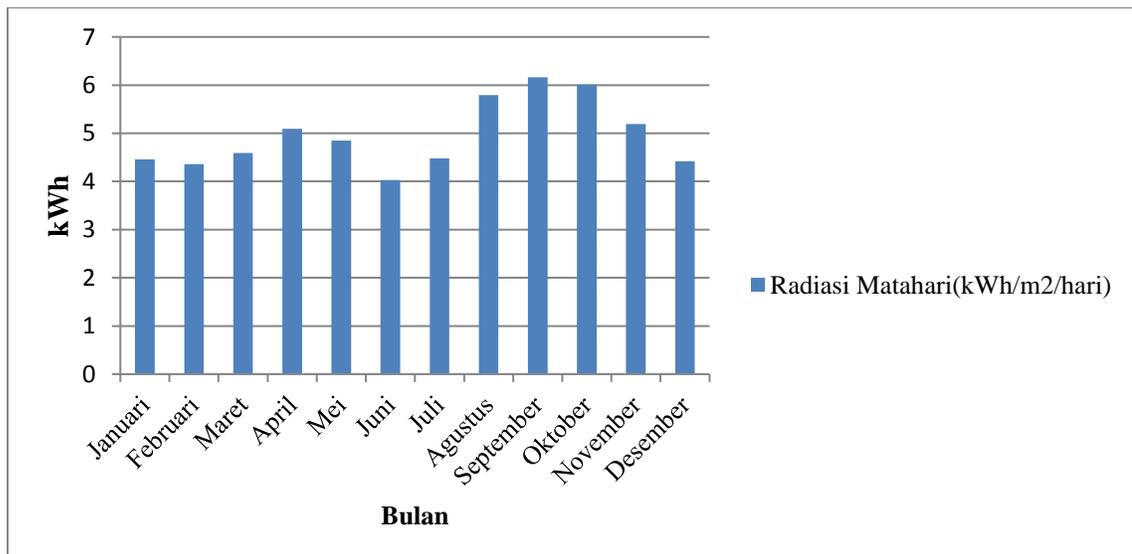
Panel surya *poly – crsyalline* terbuat dari kristal silikon blok-cast. Elektron yang ada akan terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel Poli-kristal, hal ini menyebabkan efisiensinya akan lebih rendah. Peringkat efisiensi yang biasanya dimiliki panel Poly-kristal besarnya sekitar 13,5% pada 25 ° C, dan akan mengalami penurunan sekitar 15 – 25% pada 50 ° C namun panel surya poly-crystalline tetap dapat menghasilkan listrik disaat kondisi mendung[5]. Harga dari panel surya Polycrystalline relatif lebih murah dari monocrystalline. Harga tersebut sangat dipengaruhi oleh proses pembuatan, dimana polycrystalline jauh lebih mudah dan murah dari monocrystalline. Contoh dari panel surya polycrystalline adalah panel surya 180Wp Polycrystalline Solarland.

b. Panel surya *Mono-Crystalline*

Panel surya *mono-crystalline* dibuat dari silikon kristal tunggal, dapat melalui proses yang disebut *recrystalisasi* atau dapat ditemukan secara alami. *Recrystalisasi* sendiri adalah mengkristalkan suatu zat padat yang akan dimurnikan dari campuran atau pengotornya dengan cara dilarutkan dalam pelarut yang cocok dengan senyawa tersebut. Dengan proses yang rumit dalam pembuatannya, harga dari panel surya jenis *mono-crystalline* sangat mahal. Jika dibandingkan dengan jenis *poly-crystalline*, jenis *mono-crystalline* memiliki efisiensi lebih besar yaitu 15% pada suhu 25 °C dan akan mengalami penurunan di suhu 50 °C sebesar 12 – 15%. Contoh panel surya jenis *monocrystalline* adalah CanadianSolar MaxPower CS6U-330P.

2.2.4 Energi Surya di Pantai Seruni

Energi surya mempunyai potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternative pembangkit listrik di pantai Seruni, karena Indonesia terletak di wilayah garis khatulistiwa yang berada dekat dengan matahari, sehingga mempunyai iklim tropis. *Nasa Surface meteorology and solar energy* menunjukkan data radiasi matahari yang berada di pantai Seruni selama satu tahun.

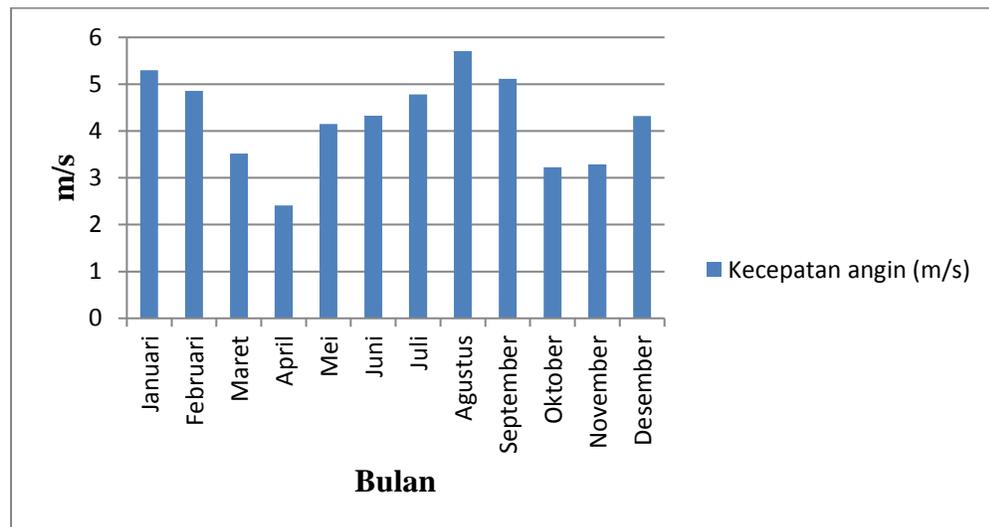


Gambar 2.1 Grafik radiasi sinar matahari di Pantai Seruni

Pada Gambar 2.1 menunjukkan data radiasi matahari di pantai Seruni selama bulan Januari hingga Desember. Pada tabel terdapat perbedaan jumlah radiasi matahari yang disebabkan perubahan musim di Indonesia. Pada gambar ditunjukkan radiasi matahari tertinggi dibulan September yaitu 6,160 kWh/m²/day dan yang terendah pada bulan juni yaitu 4,030 kWh/m²/day , serta rata rata radiasi matahari yaitu 4,953 kWh/m²/day, sehingga penerapan pembangkit hibrida khususnya pembangkit tenaga surya sangat berpotensi diterapkan di pantai Seruni.

2.2.5 Potensi Energi angin di Pantai Seruni

Energi angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik karena energi angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang tidak dapat habis. Pantai seruni sangat cocok dimanfaatkan dalam pembangunan turbin angin karena memiliki intensitas angin yang memadai. Berikut data kecepatan angin di Pantai seruni yang didapat dari NASA Surface Meteorolgy And Solar Energy.



Gambar 2. 2 Grafik kecepatan Angin di Pantai Seruni

Gambar 2.2 diatas menunjukkan data kecepatan angin yang ada di wilayah Pantai Seruni. Perbedaan data kecepatan angin disebabkan oleh pengaruh cuaca yang berbeda setiap bulannya. Data dari ditjen EBTKE tahun 2013 menunjukkan rata – rata keceptan angin di Indonesia adalah 3 – 6 m/s [6], sedangkan rata – rata kecepatan angin yang

ditunjukkan pada tabel diatas adalah 4,25 m/s yang berarti wilayah di Pantai Seruni memiliki potensi angin untuk penerapan pembangunan turbin angin.

Daya yang dihasilkan oleh turbin angin merupakan salah satu penentu dalam menentukan jenis turbin angin yang akan digunakan. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.1

$$Power (P) = \frac{1}{2} \times \rho \times V^3 \times A \quad (0.1)$$

Dimana :

P = Power / Daya (watt)

ρ = rho / massa jenis udara (1,293 kg/m³)

V = Kecepatan Angin (m/s)

A = Luas Penampang ($\frac{1}{4} \times \pi \times D$)

D = Diameter penampang / turbin angin (m)

2.2.6. *Grid Tie Inverter*

Grid tie inverter atau biasa dikenal sebagai synchronous inverter adalah sebuah inverter yang berfungsi mengubah arus listrik DC menjadi arus AC[8]. Inverter mengkonversi arus DC pada komponen seperti solar cell, baterai menjadi AC. Grid tie Inverter ini tidak dapat berdiri sendiri dan harus terhubung ke PLN. Kelebihan kWh yang diperoleh dari PLTS dari adanya inverter ini dapat disalurkan ke PLN dan sebagai gantinya PLN membayar ke penyedia PLTS. Terdapat dua sistem yang digunakan pada Grid Tie System, yaitu sistem off grid dan on grid yang memiliki perbedaan masing – masing. Perbedaan off grid dan on grid sebagai berikut :

a. *Off grid system*

Off grid system adalah sistem pembangkit yang hanya dapat menghasilkan listrik dengan mengandalkan sumber energi dari pembangkit yang dimiliki sebagai energi utamanya. *Off grid system* digunakan pada daerah yang belum

dijangkau oleh listrik PLN. Contoh *off grid system* yaitu SHS (Solar Home System).

b. *On grid system*

On grid system adalah sistem pembangkit yang menghasilkan listrik dari pembangkit yang dimiliki, perbedaan dari *off grid system* adalah *on grid system* terhubung dengan jaringan listrik PLN. Tujuan dari sistem ini adalah mengurangi pemakaian listrik dari PLN serta mengurangi tagihan listrik.

2.2.7. Baterai

Baterai merupakan salah satu bagian dari pembangkit hibrida yang berfungsi sebagai penyimpanan daya listrik sementara yang akan digunakan saat pembangkit listrik tidak bekerja.

Baterai mempunyai kapasitas yang bergantung bahan yang terkandung dalam baterai dan kemampuan penyimpanan daya listrik. Untuk mengetahui kapasitas dari baterai dapat menggunakan persamaan berikut ini (2.2).

$$C = \frac{E_M}{V_B \times DOD \times \eta_{total}} \quad (0.2)$$

Dimana :

C = Kapasitas baterai (Ah)

V_B = Tegangan kerja baterai (volt)

E_M = Total energi yang disuplai oleh *photovoltaic* (Wh)

DOD = Tingkat kedalaman pengosongan Baterai (%)

η_{total} = Total efisiensi *photovoltaic* (%)

2.2.8 Payback Period (PP)

Payback period adalah waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian biaya investasi dari proyek yang dikerjakan. Untuk mendapatkan nilai *payback period* dengan cara membagi biaya investasi dengan pendapatan yang dihasilkan oleh pembangkit dalam

setahun[9]. *Payback period* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (2.3) :

$$\text{Payback Period } (t) = \frac{\text{biaya investasi}}{\text{pendapatan per tahun}} \quad (0.3)$$

Payback period dapat dikatakan layak jika waktu pengembalian biaya investasi lebih kecil dari waktu proyek yang dikerjakan.

2.2.9 Net Present Value (NPV)

Net Present Value adalah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. Data yang diperlukan untuk mencari nilai NPV berupa biaya investasi, biaya perawatan serta perbaikan, dan pendapatan yang diperoleh dari pembangkit yang dirancang. Net Present Value dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4)

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0 \quad (0.4)$$

Dimana :

i = suku bunga bank

t = tahun periode

R_t = pendapatan bersih dalam waktu t

C_0 = Biaya investasi awal tahun ke 0

2.2.10 Cost Of Energy (COE)

Cost Of Energy adalah biaya pengeluaran per kWh energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit yang digunakan. COE dapat dihitung dengan membagi biaya total

pembangkit pertahun dengan total energi beban per tahun (kWh). COE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (2.5):

$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{C_{served}} \quad (0.5)$$

Dimana :

COE = Biaya yang dikeluarkan per kWh

$C_{ann,tot}$ = Total biaya tahunan dari sistem per tahun (Rp/yr)

C_{served} = Total beban listrik per tahun (kWh/yr)

2.2.11 Net Present Cost (NPC)

Net present cost (NPC) adalah total biaya pengoperasian dan pemasangan yang digunakan didalam pembangunan proyek. NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (2.6) :

$$NPC = O\&M \text{ cost} + Fuel \text{ cost} + Capital \text{ cost} + Replacement \text{ Cost} + Salvage \quad (0.5)$$

Dimana :

O&M cost = biaya perawatan dan operasional

Fuel cost = biaya bahan bakar

Capital cost = biaya modal komponen

Replacement cost = biaya pergantian komponen

Salvage = biaya sisa komponen

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan penelitian

Pada penelitian ini menggunakan peralatan seperti perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai alat penunjang kegiatan. Peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Laptop/ Komputer
- b. Data beban alat elektronik disekitar Pantai Seruni berupa lampu, AC, Magic com, Speaker, Mesin kopi, dan Blender
- c. *Software HOMER*

3.2 Alur Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang dikerjakan pada penelitian ini, tahapan tersebut dapat diketahui pada diagram alir 3.1.



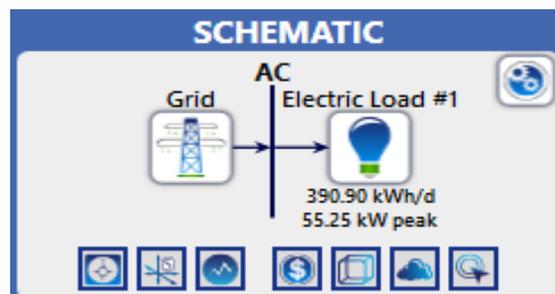
Gambar 3. 1 Gambar diagram alir penelitian

Diagram alir pada gambar 3.1 diatas merupakan tahapan yang dilakukan saat penelitian. Tahapan yang dilakukan berupa :

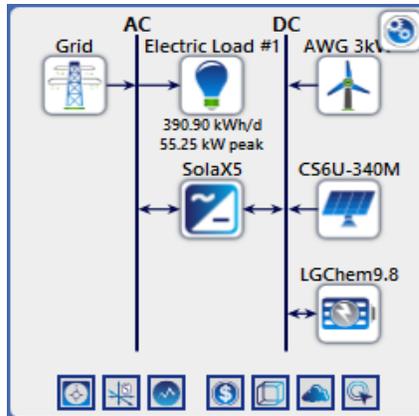
- a. Studi literatur yaitu mencari dan mempelajari berbagai literatur yang membahas topik seputar penelitian yang dilakukan.
- b. Pengambilan data yaitu mengumpulkan data yang akan digunakan saat penelitian, berupa data radiasi matahari, data kecepatan angin, serta data beban listrik yang ada di Pantai Seruni.
- c. Mensimulasikan data yang telah diambil diperangkat lunak HOMER sehingga mendapatkan hasil yang optimal. Apabila telah melakukan simulasi, selanjutnya adalah melakukan penyusunan laporan.
- d. Penelitian selesai.

3.3 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya dan Angin menggunakan HOMER

Pada simulasi yang akan dilakukan menggunakan HOMER sebagai perangkat lunak, sedangkan komponen yang dipakai adalah *photovoltaic*, baterai, konverter, dan turbin angin. Simulasi yang dilakukan terbagi menjadi 2 bagian, pertama hanya menggunakan grid sebagai penyuplai listrik yang dapat dilihat pada gambar 3.2. selanjutnya pada bagian kedua menggunakan grid yang disertai dengan pembangkit listrik angin dan surya yang dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.2 Skema 1

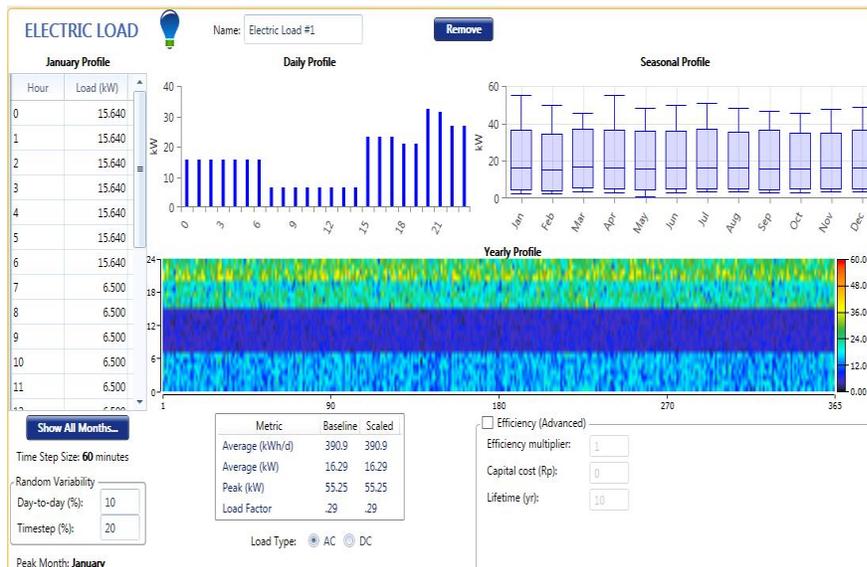


Gambar 3.3 Skema 2

3.4 Komponen Pembangkit

3.4.1 Beban Listrik

Electric Load merupakan bagian yang terdapat pada HOMER yang berfungsi mengatur beban yang digunakan. Beban yang digunakan seperti AC, lampu, speaker, mesin kopi, Magic com, dan blender yang mempunyai total daya 32.34kW. Selain mengatur beban, dapat juga mengatur jenis beban yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Pengaturan Beban Listrik

3.4.2 Baterai

Gambar 3.5 menunjukkan spesifikasi serta harga baterai yang digunakan. Baterai LC Chem RESU dengan total kapasitas 36,28 kW merupakan baterai yang akan digunakan. Modal yang dikeluarkan untuk membeli 4 baterai sebesar Rp 361.523.368,00 dan biaya perawatan Rp 3.615.234,00

Quantity	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
4	\$361,523,368.00	\$361,523,368.00	\$3,615,234.00

Lifetime	time (years)	throughput (kWh)
	10.00	30,000.00

Gambar 3.5 spesifikasi dan harga baterai

3.4.3 Konverter

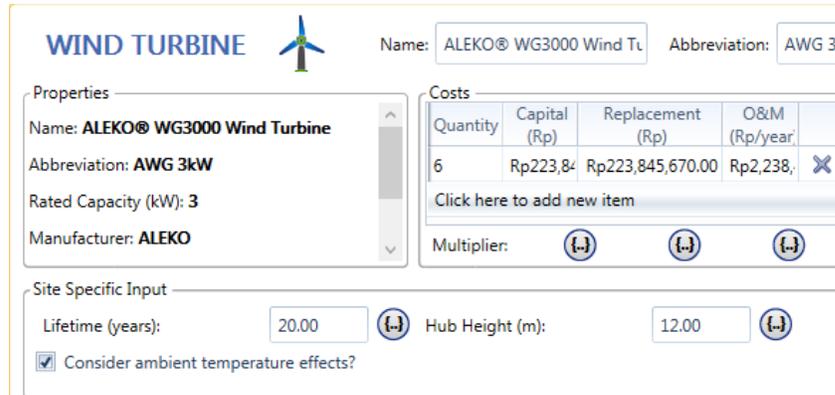
Spesifikasi dan harga komponen yang ditunjukkan pada gambar Gambar 3.6 merupakan spesifikasi serta harga konverter. Solax SK5000E dengan total kapasitas 30kW merupakan konverter yang akan digunakan. Modal yang dikeluarkan untuk membeli 6 konverter sebesar Rp 251.716.620,00 dan biaya perawatan Rp2.517.166,00

Capacity (kW)	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
30	Rp251,716,620.00	Rp251,716,620.00	Rp2,517,166.00

Gambar 3.6 Spesifikasi dan harga konverter

3.4.4 Turbin Angin

Spesifikasi dan harga komponen yang ditunjukkan pada gambar Gambar 3.7 merupakan spesifikasi serta harga turbin angin. Aleko WG3000 merupakan turbin angin DC yang mempunyai tinggi 12 m dengan total kapasitas 18 kW. Modal yang dikeluarkan untuk membeli 6 turbin angin sebesar Rp 223.845.670,00 dan biaya perawatan Rp2.238.457,00



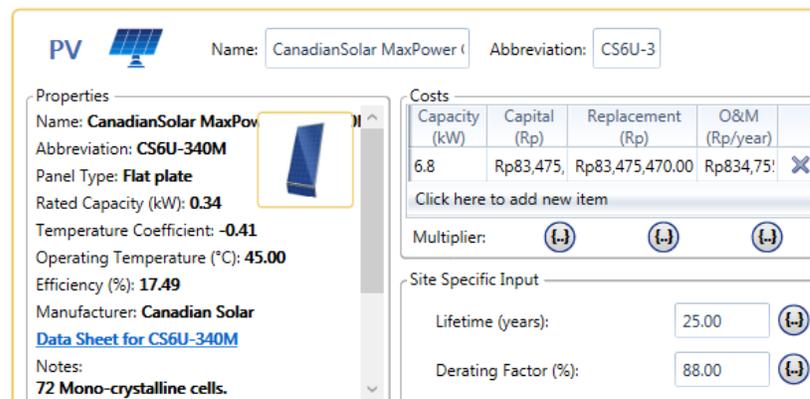
The screenshot shows a software interface for a wind turbine. It includes a 'Properties' section with the following details: Name: ALEKO® WG3000 Wind Turbine, Abbreviation: AWG 3kW, Rated Capacity (kW): 3, and Manufacturer: ALEKO. The 'Costs' section contains a table with columns for Quantity, Capital (Rp), Replacement (Rp), and O&M (Rp/year). The table shows 6 units with a total capital cost of Rp223,845,670.00 and an O&M cost of Rp2,238,457.00. Below the table is a 'Site Specific Input' section with fields for Lifetime (years) set to 20.00 and Hub Height (m) set to 12.00. A checkbox for 'Consider ambient temperature effects?' is checked.

Quantity	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
6	Rp223,845,670.00	Rp223,845,670.00	Rp2,238,457.00

Gambar 3.7 Spesifikasi dan harga turbin angin

3.4.5 Panel Surya

Gambar 3.8 menunjukkan spesifikasi serta harga panel surya yang digunakan. CanadianSolar MaxPower CS6U-340M dengan total kapasitas 6,8 kW merupakan panel surya yang akan digunakan. Modal yang dikeluarkan untuk biaya panel surya sebesar Rp 83.475.470,00 dan biaya perawatan Rp834.755,00



The screenshot shows a software interface for a PV panel. It includes a 'Properties' section with the following details: Name: CanadianSolar MaxPower CS6U-340M, Abbreviation: CS6U-340M, Panel Type: Flat plate, Rated Capacity (kW): 0.34, Temperature Coefficient: -0.41, Operating Temperature (°C): 45.00, Efficiency (%): 17.49, and Manufacturer: Canadian Solar. The 'Costs' section contains a table with columns for Capacity (kW), Capital (Rp), Replacement (Rp), and O&M (Rp/year). The table shows 6.8 units with a total capital cost of Rp83,475,470.00 and an O&M cost of Rp834,755.00. Below the table is a 'Site Specific Input' section with fields for Lifetime (years) set to 25.00 and Derating Factor (%) set to 88.00.

Capacity (kW)	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
6.8	Rp83,475,470.00	Rp83,475,470.00	Rp834,755.00

Gambar 3.8 Spesifikasi dan harga panel surya

3.4.6 Grid

Gambar 3.9 menunjukkan spesifikasi pada grid yang akan disimulasikan. Grid adalah jaringan listrik yang telah disediakan oleh PLN. Pada gambar menunjukkan kapasitas dari grid dibatasi menjadi 45 kW dan 50 kW. Biaya yang digunakan untuk tarif dasar listrik untuk bisnis sebesar Rp 1467,28/kWh [11].

The screenshot displays the 'ADVANCED GRID' configuration window. At the top, the 'Name' is 'Grid' and the 'Abbreviation' is 'Grid'. Below this, there are radio buttons for 'Simple Rates', 'Real Time Rates', 'Scheduled Rates', and 'Grid Extension', with 'Scheduled Rates' selected. A 'Capacity Optimization' chart shows two bars representing 45 kW and 50 kW. The right-hand side contains various settings: 'Systems to consider' with 'Simulate systems with and without the grid' selected; 'Net Metering' with 'Net purchases calculated monthly' selected; 'Maximum net grid purchases' with a 'Limit (kWh/yr)' set to 0.00; and 'Grid Extension Costs' with 'Grid capital cost (Rp/km)' and 'Distance (km)' both set to 0.00.

Gambar 3.9 Spesifikasi pada grid

Pada skema kedua terdiri dari gabungan dari beberapa pembangkit seperti grid, turbin angin, serta *photovoltaic*, yang ditunjukkan pada gambar 4.2.

Architecture							Cost				System	Grid
CS6U-340M (kW)	AWG 3kW	LGChem9.8	Grid (kW)	SolaX5 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Energy Purchased (kWh)	
107	51		45.0	83.5	CC	Rp276.92	Rp2.32B	-Rp72.0M	Rp3.92B	87	47,448	
107	51	1	45.0	83.5	CC	Rp304.71	Rp2.56B	-Rp65.5M	Rp4.00B	87	47,453	
	72		45.0	83.5	CC	Rp407.42	Rp2.93B	-Rp20.8M	Rp3.39B	85	48,593	
	72	1	45.0	83.5	CC	Rp439.73	Rp3.16B	-Rp14.4M	Rp3.48B	85	48,593	
	156		50.0	83.5	CC	Rp506.67	Rp3.44B	Rp37.3M	Rp2.61B	67	102,566	
	156	1	45.0	83.5	CC	Rp540.61	Rp3.67B	Rp43.6M	Rp2.70B	67	102,493	
			50.0		CC	Rp1.467	Rp4.63B	Rp209M	Rp0.00	0.0	142,668	

Gambar 4.2 Hasil Skema 2

Pada gambar 4.2 menunjukkan komponen pembangkit yang digunakan, biaya pada pembangkit, serta energi listrik yang dihasilkan oleh grid. Pembangkit hibrida yang dirancang mempunyai biaya awal pembangunan sebesar Rp. 4.004.662.357, nilai *net present cost* sebesar Rp 2.555.496.645 dan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan listrik per kWh sebesar Rp 304.71. Grid yang ada pada skema 2 mempunyai kapasitas 45 kW dapat menghasilkan energi listrik sebesar 47.453 kWh.

4.3 Analisa pada Pembangkit dari Segi Ekonomis

4.3.1 Skema pertama

Pada pembangkit listrik berupa grid yang ada di skema 1, nilai ekonomisnya ditunjukkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Parameter ekonomis pada grid PLN skema 1

Parameter	Nilai
<i>Net Present Cost</i>	4.632.183.000
<i>Cost of Energy</i>	1.467,28
Konsumsi Energi (kWh/tahun)	142.668
<i>Renewable Penetration</i>	0%

Tabel diatas menunjukkan total penggunaan energi listrik yang digunakan dalam setahun. Penggunaan energi listrik berasal dari beban yang digunakan yaitu sebesar 142.668 kWh/tahun. *Cost of energy* yang telah dikalkulasi di HOMER pada skema 1 sebesar 1.427,28. Nilai *cost of energy* juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5) dan tabel 4.2 yang menunjukkan data total *annualized cost* serta konsumsi energi listrik tahunan.

Tabel 4. 2 Data konsumsi energi listrik dan *total annualized cost*

Parameter	Nilai
Konsumsi Energi	142.668 kWh/tahun
<i>Total Annualized Cost</i>	Rp 209.333.946

$$COE = \frac{\text{Rp } 209.333.946}{142.668 \text{ kWh}}$$

$$COE = \text{Rp } 1.467,28/\text{kWh}$$

Nilai *net present cost* yang didapat dari hasil perhitungan yang dilakukan HOMER sebesar 4.632.183.000. Selain kalkulasi HOMER, nilai NPC juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6).

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Grid	0	0	4,632,183,177	0	0	4,632,183,177
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	0	0	4,632,183,177	0	0	4,632,183,177

Gambar 4. 3 Hasil kalkulasi HOMER untuk *Net Present Cost* skema 1

$$NPC = 4.632.183.177 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$NPC = \text{Rp } 4.632.183.177$$

Pada skema 1, komponen yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik tidak menggunakan pembangkit terbarukan dan hanya menggunakan grid dari PLN sebagai sumbernya, sehingga nilai *renewable penetration*-nya bernilai 0%. Biaya *net present cost* terdiri dari biaya investasi, pergantian komponen, biaya perbaikan dan operasi, biaya bahan

bakar, serta biaya yang tersisa yang terdapat pada pembangkit. Nilai NPC pada skema 1 sebesar Rp 4.632.183.177 disebabkan oleh biaya operasi dan perbaikan pada grid.

4.3.2 Skema 2

Pada pembangkit listrik hibrida berupa photovoltaic, tenaga angin, serta grid yang ada di skema 2, nilai ekonomisnya ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter ekonomis pada pembangkit hibrida skema 2

Parameter	Nilai
<i>Net Present Cost</i>	2.555.496.645
<i>Cost of Energy</i>	304,71
Total produksi (kWh/tahun)	438.073
<i>Renewable Penetration</i>	87%

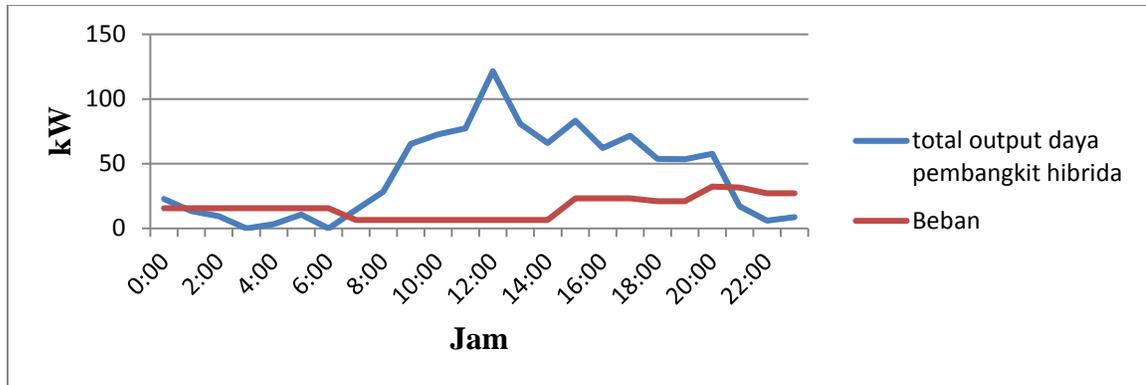
Total konsumsi energi listrik pembangkit hibrida angin dan surya sebesar 438.073 kWh/tahun. Total produksi di produksi dari 3 pembangkit yaitu tenaga angin, panel surya, serta grid yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 tabel produksi energi per tahun

Komponen	Produksi(kWh)
Turbin Angin	232.548
Grid	47.453
Panel surya	158.072

$$E_{prod,tot} = 232.548 + 47.453 + 158.072$$

$$E_{prod,tot} = 438.073$$



Gambar 4. 4 Perbandingan Daya Keluaran Pembangkit Hibrida dan Beban Harian

Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan daya keluaran per jam selama satu hari dibulan Januari pembangkit hibrida serta beban harian yang akan disuplai oleh pembangkit. Dengan mengetahui daya keluaran pembangkit, maka daya yang dapat dijual ke PLN akan diketahui, yaitu selisih dari daya keluaran pembangkit dan beban harian yang disuplai.

Pada perancangan pembangkit tenaga listrik hibrida tenaga surya dan angin, *net present cost* sebesar Rp 2.555.496.645. Terdapat nilai negatif yang ada pada NPC yang disebabkan oleh energi yang berlebih yang dijual perusahaan listrik Negara. *Net present cost* pada skema 2 ditunjukkan pada gambar 4.5.

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
CanadianSolar MaxPower CS6U-340M	1,310,982,061	0	290,096,821	0	0	1,601,078,883
ALEKO® WG3000 Wind Turbine	1,902,688,195	1,571,261,351	421,030,683	0	-1,123,388,291	2,771,591,939
Grid	0	0	-2,904,393,715	0	0	-2,904,393,715
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
LGChem RESU10 [9.8kWh]	90,380,842	156,770,347	19,999,654	0	-35,575,203	231,575,640
SolaX SK-TL5000E	700,611,259	0	155,032,640	0	0	855,643,899
System	4,004,662,357	1,728,031,699	-2,018,233,917	0	-1,158,963,494	2,555,496,645

Gambar 4. 5 Hasil kalkulasi *net present cost* skema 2 pada perangkat HOMER

$$NPC = 4.004.662.357 + 1.728.031.699 - 2.018.233.917 + 0 - 1.158.963.494$$

$$NPC = Rp 2.555.496.645$$

Cost of energy yang telah dikalkulasi di HOMER pada skema 1 sebesar 304,709. Nilai negatif pada grid disebabkan oleh penjualan listrik ke PLN lebih besar dibandingkan dengan pembelian listriknya. Nilai *cost of energy* juga dapat dihitung

dengan menggunakan persamaan (2.5) dan tabel 4.5 yang menunjukkan data total annualized cost serta konsumsi energi listrik tahunan.

Tabel 4.5 Data konsumsi energi listrik dan *total annualized cost*

Parameter	Nilai
Konsumsi Energi	379.004 kWh/tahun
<i>Total Annualized Cost</i>	Rp 115.485.976

$$COE = \frac{Rp\ 115.485.976}{379.004\ kWh}$$

$$COE = Rp\ 304,709/kWh$$

Pada pembangkit listrik hibrida berupa photovoltaic, tenaga angin, serta grid yang ada di skema 2, *payback period* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$Payback\ Period\ (t) = \frac{biaya\ investasi}{pendapatan\ per\ tahun}$$

Harga jual listrik untuk wilayah di daerah Sulawesi Selatan berdasarkan peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2017 sebesar Rp 974.00 [12], total daya yang dihasilkan oleh pembangkit sebesar 438.073 kWh/tahun. Sehingga pendapatan pertahun yang dihasilkan pembangkit adalah :

$$Rp\ 974 \times 438.073\ kWh = 426.683.102,00, -tahun$$

Biaya investasii untuk merancang pembangkit listrik hibrida sebesar Rp 2.555.496.645,- sehingga *payback periodnya* adalah :

$$Payback\ Period\ (t) = \frac{Rp2.555.496.645}{426.683.102}$$

$$Payback\ Period\ (t) = 5,98\ Tahun = 5\ Tahun\ 10\ Bulan$$

Dari perhitungan diatas, untuk mengembalikan biaya modal untuk pembangkitan energi listrik tenaga hibrida tenaga surya dan angin dibutuhkan waktu selama 5 tahun 10 bulan.

Net present value dapat dihitung dengan perhitungan pendapatan dan biaya yang telah didiskon sebesar 11% (tingkat suku bunga) selama 25 tahun[13]. *Net present value* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Sehingga nilai NPV dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Net present value pada pembangkit hibrida surya dan angin

Tahun	Biaya Investasi	Kas Masuk	Bunga	Nilai kas
0	Rp 2.555.496.645		1,00	Rp 2.555.496.645
1		Rp426.683.102	1,11	Rp 384.399.191
2		Rp 426.683.102	1,23	Rp 346.305.577,5
3		Rp 426.683.102	1,37	Rp 311.987.006,7
4		Rp 426.683.102	1,52	Rp 281.069.375,4
5		Rp 426.683.102	1,69	Rp 253.215.653,5
6		Rp 426.683.102	1,87	Rp 228.122.210,4
7		Rp 426.683.102	2,08	Rp 205.515.504,9
8		Rp 426.683.102	2,30	Rp 185.149.103,5
9		Rp 426.683.102	2,56	Rp 166.800.994,1
.10		Rp 426.683.102	2,84	Rp 150.271.165,9
11		Rp 426.683.102	3,15	Rp 135.379.428,7
12		Rp 426.683.102	3,50	Rp 121.963.449,3
13		Rp 426.683.102	3,88	Rp 109.876.981,3
14		Rp 426.683.102	4,31	Rp 98.988.271.49
15		Rp 426.683.102	4,78	Rp 89.178.622,96

Tahun	Biaya Investasi	Kas Masuk	Bunga	Nilai kas
16		Rp 426.683.102	5,31	Rp 80.341.101,77
17		Rp 426.683.102	5,90	Rp 72.379.370,96
18		Rp 426.683.102	6,54	Rp 65.206.640,5
19		Rp 426.683.102	7,26	Rp 58.744.721,18
20		Rp 426.683.102	8,06	Rp 52.923.172,23
21		Rp 426.683.102	8,95	Rp 47.678.533,54
22		Rp 426.683.102	9,93	Rp 42.953.633,82
23		Rp 426.683.102	11,03	Rp 38.696.967,41
24		Rp 426.683.102	12,24	Rp 34.862.132,8
25		Rp 426.683.102	13,59	Rp 31.407.326,85
		Total		Rp 3.593.416.138
		NPV		Rp 1.037.919.493

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0$$

$$NPV = \text{Rp } 3.593.416.138 - \text{Rp } 2.555.496.645$$

$$NPV = \text{Rp } 1.037.919.493$$

Tabel 4.6 diatas menunjukkan *net present value* sebesar Rp 1.037.919.493 (bernilai positif). Pada kolom pertama pada tabel menunjukkan umur proyek yang akan dirancang yaitu selama 25 tahun. kolom kedua pada tabel merupakan biaya investasi pada sebuah proyek, nilai investasi sebesar Rp 2.555.496.645. kolom ketiga menunjukkan kas masuk yang dihasilkan oleh pembangkit sebelum di diskon, kas masuk dari tahun pertama hingga tahun ke-25. Kolom keempat menunjukkan berapa besar bunga bank yang diberi tiap tahun selama 25 tahun. kolom terakhir menunjukkan kas bersih yang

diterima pada proyek. *NPV* yang dihasilkan oleh proyek yang dikerjakan bernilai positif yang menunjukkan bahwa penerimaan yang diperoleh lebih besar daripada nilai investasi. Perhitungan *NPV* dapat digunakan untuk mengevaluasi apakah sebuah proyek layak atau tidak untuk berinvestasi

4.3.3 Perbedaan skema 1 dengan skema 2 dari segi nilai ekonomis

Pada hasil dari kedua skema yang telah didapatkan, dilakukan perbandingan dengan tujuan mengetahui efektifitas dari kedua skema pembangkit. Tabel 4.7 memperlihatkan perbandingan diantara 2 skema, pada skema 1 menggunakan grid sebagai penyuplai listrik untuk beban sedangkan skenario 2 menggunakan pembangkit hibrida sehingga produksi listriknya melebihi skema 1, sehingga selain untuk menyediakan listrik juga dapat menjual kelebihan listrik yang diproduksi. *Net present cost* skema 2 lebih kecil dari skema 1 sebesar 44,83% yang disebabkan pada skema 2 dana yang disimpan lebih banyak daripada biaya tersimpan pada skema 1. Pada skema 2, nilai *COE* lebih kecil dari nilai *COE* pada skema 1, *COE* pada skema 2 sebesar 304,709 atau 79,27% lebih kecil dari *COE* skema 1 yang disebabkan oleh pemakaian komponen, pada skema 1 hanya menggunakan grid sehingga biaya yang dikeluarkan per kWh telah ditetapkan oleh PLN, sedangkan pada skema 2 sebagian besar komponen yang digunakan merupakan komponen pembangkit terbarukan sehingga biaya yang dikeluarkan per kWh lebih murah. Kesimpulan dari perbedaan skema 1 dan skema 2 yaitu dengan menggunakan pembangkit terbarukan seperti skema 2, biaya yang dikeluarkan lebih murah dari skema 1 yaitu biaya *net present cost* serta biaya *cost of energy*.

Tabel 4. 7 Perbedaan skema 1 dan skema 2

Parameter	Sistem Pembangkit	
	Skenario 1	Skenario 2
<i>Renewable fraction</i>	0	87%
Grid sales	0	236.329
<i>Cost of energy (Rp/kWh)</i>	1467,28	304,709
<i>Net present cost (Rp)</i>	4.632.183.177	2.555.496.645
<i>Produksi grid</i>	142.668	47.453
Konsumsi energi	142.668	379.004
Produksi <i>renewable energy</i>	0	390.620
Total Produksi (kWh)	142.668	438.073

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada perancangan pembangkit listrik hibrida tenaga surya dan angin di Pantai Seruni, Bantaeng Sulawesi Selatan menggunakan perangkat lunak HOMER dapat disimpulkan bahwa :

- a. Pembangkit tenaga listrik hibrida tenaga angin dan surya mempunyai potensi untuk dibangun karena sumber daya alam berupa angin dan matahari memiliki potensi untuk digunakan. Selain itu pembangkit hibrida tenaga surya dan angin yang memiliki kapasitas 24,8 kW dapat memproduksi energi listrik sebesar 438.073 kWh/tahun.
- b. *Cost of energy* pada skema 2 memiliki nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 79,27% dari nilai skema 1 karena pada skema 2 energi yang dihasilkan kebanyakan berasal dari pembangkit energi terbarukan.
- c. Pada skema 2, untuk mengembalikan nilai investasi yang digunakan butuh waktu selama 5 tahun 10 bulan, namun nilai NPV pada pembangkit bernilai positif yang artinya nilai investasi mempunyai manfaat dan pembangunan pembangkit dapat dijalankan.

5.2 Saran

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan pada penelitian selanjutnya yaitu :

- a. Penggunaan alat ukur pada saat penelitian sehingga mendapatkan data lapangan yang sesungguhnya
- b. Mengkaji ulang hasil penelitian sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif dari segi penghematan biaya pengeluaran listrik per kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.F Arif, P. Sasongko, “Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya,” *J. Semesta Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 22–34, 2012.
- [2] A. S. Arota, H. S. Kolibu, and B. M. Lumi, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER),” vol. 2, no. 2, pp. 145–150, 2013.
- [3] Hendrayana, “Simulasi Sistem Hibrid Pembangkit Energi Surya , Angin , dan Generator Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan,” vol. 1, no. 1, pp. 26–43, 2017.
- [4] M. Sahori, “PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA,” 2011.
- [5] M. Rifan, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, “Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas,” *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [6] D. Anggraini, “ANALISIS POTENSI ANGIN DI PANTAI BARU PANDANSIMO KABUPATEN BANTUL.”
- [7] R. Yunginger, Nawir, and N. Sune, “ANALISIS ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK DI KOTA DI GORONTALO Raghel,” vol. 15, pp. 1–15, 2015.
- [8] J. W. Ginn, R. H. Bonn, and G. Sittler, “Inverter Testing At Sandia National Laboratories,” vol. 13, pp. 1–13.
- [9] 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.
- [10] P. Kumar, R. Pukale, N. Kumabhar, and U. Patil, “Optimal Design Configuration Using

- HOMER,” *Procedia Technol.*, vol. 24, pp. 499–504, 2016.
- [11] “Tarif Dasar Listrik PLN Maret 2018 - Listrik,” *5 Maret*, 2018. .
- [12] “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tahun 2017.” p. 7, 2017.
- [13] S. Ramadhan and C. Rangkuti, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti,” pp. 1–11, 2016.
- [14] C. Wang, S. Member, M. H. Nehrir, and S. Member, “Power Management of a Stand-Alone Wind / Photovoltaic / Fuel Cell Energy System,” no. April, 2015.
- [15] M. Alam, J. P. Meyer, and L. M. Al-hadhrami, “Feasibility study of a wind e pv e diesel hybrid power system for a village,” vol. 38, pp. 258–268, 2012.
- [16] T. Ma, H. Yang, L. Lu, and J. Peng, “An Optimization Sizing Model for Solar Photovoltaic Power Generation System with Pumped Storage,” *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 5–8, 2014.

LAMPIRAN

Home > SolaX 5kW Hybrid Inverter | SK-TL5000E | SK-BMU5000



SolaX 5kW Hybrid Inverter | SK-TL5000E | SK-BMU5000

Be the first to review this product

5kW Solar Inverter
4kW/4.6kW Backup Mode

5 Year Inverter Warranty

Wifi Logging

SKU SOL-SKTL5000E-BMU5000



\$2,809.40

Add to Cart Qty

- OR -



Lampiran 1 Harga Inverter

CANADIAN SOLAR MAXPOWER CS6U-340M 340W MONO SOLAR PANEL



 CanadianSolar

CANADIAN SOLAR

RRP: ~~\$358.27~~
\$279.50
(YOU SAVE \$78.77)

SKU:
SLG-110-1111

Note:
This item ships via LTL freight only.

Condition:
New

Lampiran 2 Harga Photovoltaic

Limited Promo!



LG Chem lithium ion battery RESU
10 kWh
Ref: LI-IO RESU10

☀️☀️☀️☀️ (1) ▶

- Lithium Battery
- 90% discharge
- 6.000 cycles or more
- Lightweight design
- 9.800 Wh Storage Capacity
- 5.000 W Output Power

5 179,00€ tax incl.

Quantity:

Shipped into 5/7days

Add to cart

Delivery fees ⓘ

Secured Payment via credit card or bankwire

Lampiran 3 Harga Baterai



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

\$1,499.00

SKU: wg3000wgo Category: Wind Power

Lampiran 4 Harga Turbin Angin

Jam	Total Output Daya Pembangkit Hibrida	Beban Harian	Daya yang Dapat Dijual
12:00 AM	22,79 kW	15.64 kW	7,15 kW
1:00 AM	13,27 kW	15.64 kW	-2,37 kW
2:00 AM	9,43 kW	15.64 kW	-6,21 kW
3:00 AM	0 kW	15.64 kW	-15,64 kW
4:00 AM	3,32 kW	15.64 kW	-12,32 kW
5:00 AM	10,78 kW	15.64 kW	-4,86 kW
6:00 AM	0 kW	15.64 kW	-15,64 kW
7:00 AM	14,44 kW	6.50 kW	7,94 kW
8:00 AM	28,44 kW	6.50 kW	21,94 kW
9:00 AM	65,17 kW	6.50 kW	58,67 kW
10:00 AM	72,69 kW	6.50 kW	66,19 kW
11:00 AM	77,22 kW	6.50 kW	70,72 kW
12:00 PM	121,51 kW	6.50 kW	115,01 kW
1:00 PM	80,69 kW	6.50 kW	74,19 kW
2:00 PM	66,10 kW	6.50 kW	59,60 kW
3:00 PM	83,31 kW	23.20 kW	60,11 kW
4:00 PM	62,11 kW	23.20 kW	38,91 kW

Jam	Total Output Daya Pembangkit Hibrida	Beban Harian	Daya yang Dapat Dijual
5:00 PM	71,68 kW	23.20 kW	48,48 kW
6:00 PM	53,64 kW	20.93 kW	32,70 kW
7:00 PM	53,58 kW	20.93 kW	32,65 kW
8:00 PM	57,57 kW	32.34 kW	25,23 kW
9:00 PM	17,13 kW	31.54 kW	-14,41 kW
10:00 PM	6,06 kW	27.04 kW	-20,98 kW
11:00 PM	8,63 kW	27.04 kW	-18,41 kW

Lampiran 5 Tabel Data Ouput Daya Pembangkit Hibrida dan Beban Harian

Bulan	Radiasi Matahari
Januari	4,460 kWh/m ² /day
Februari	4,360 kWh/m ² /day
Maret	4,590 kWh/m ² /day
April	5,090 kWh/m ² /day
Mei	4,850 kWh/m ² /day
Juni	4,030 kWh/m ² /day
Juli	4,480 kWh/m ² /day
Agustus	5,790 kWh/m ² /day
September	6,160 kWh/m ² /day
Oktober	6,010 kWh/m ² /day

Bulan	Radiasi Matahari
November	5,190 kWh/m ² /day
Desember	4,420 kWh/m ² /day
Rata – rata	4,953 kWh/m ² /day

Lampiran 6 Data radiasi sinar matahari di Pantai Seruni

Bulan	Kecepatan Angin
Januari	5,300 m/s
Februari	4,860 m/s
Maret	3,515 m/s
April	2,410 m/s
Mei	4,150 m/s
Juni	4,325 m/s
Juli	4,785 m/s
Agustus	5,705 m/s
September	5,115 m/s
Oktober	3,225 m/s
November	3,285 m/s
Desember	4,320 m/s
Rata-rata	4,25 m/s

Lampiran 7 Data kecepatan angin di Pantai Seruni