

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA PADA PESISIR PANTAI LABU MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Strata – 1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

INDRA SAPUTRA
1707220052



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Indra Saputra
NPM : 1707220052
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Pada Pesisir Pantai Labu Menggunakan Software Homer
Bidang ilmu : Energi Baru dan Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 September 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T, M.Sc

Dosen Pembanding I / Penguji



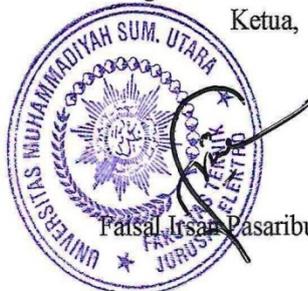
Rimbawati, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Peguji



Partaonan Harahap, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Indra Saputra
Tempat /Tanggal Lahir : Unong Bokou / 20 Oktober 1998
NPM : 1707220052
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA PADA PESISIR PANTAI LABU MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Oktober 2021

Saya yang menyatakan,


Indra Saputra

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan Peningkatan gaya hidup masyarakat mendorong meningkatnya konsumsi energi listrik. Energi fosil sebagai bahan bakar penyedia listrik memiliki ketersediaan yang sangat terbatas sehingga diperlukan transisi menuju energi terbarukan. Salah satu daerah yang dapat menjadi alternatif energi terbarukan adalah pesisir pantai labu yang berada di pesisir timur sumatera dengan intensitas matahari dan hembusan angin yang cukup baik. Penelitian ini bertujuan Untuk Mengetahui besar energi listrik yang dapat di hasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu, Mengetahui besarnya biaya yang di perlukan untuk memproduksi setiap kWh listrik, Mengetahui perbandingan biaya produksi dari pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu terhadap tarif dasar listrik PT.PLN dan untuk mengetahui potensi energi hibrida pada pesisir pantai labu. Penelitian ini menggunakan metode analisis dan simulasi menggunakan software homer versi 3.11.2.. Dapat di simpulkan Daya listrik yang dapat di hasilkan pada luas lahan 100.000 m² sebesar 37,660 kW, biaya produksi energi untuk setiap kWh listrik sebesar Rp. 1.585,34. Perbandingan produksi energi hibrida dengan tarif dasar listrik PLN sebesar 1: 1,09. Potensi pesisir pantai labu yakni pada desa Paluh Sibaji belum cukup baik dari segi ekonomi dimana biaya produksi energi masih lebih tinggi dibandingkan dengan tarif dasar listrik PLN .

Kata kunci : Energi Terbarukan, Homer, Hibrida, Biaya Produksi Energy

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabaraktuh

Syukur Alhamdulillah peneliti ucapkan kepada Allah Swt. atas rahmat nikmat, karunia, dan hidayah yang telah diberikan kepada peneliti sehingga peneliti mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Pada Pesisir Pantai Labu Menggunakan Software Homer**”. Peneliti sangat bersyukur karena masih dilimpahkan nikmat-Nya berupa nikmat iman dan Islam. Shalawat beriringan salam peneliti hadiahkan kepada Nabi Muhammad Saw. yang telah menyampaikan risalah kepada umatnya guna membimbing umat manusia ke jalan yang lebih diridhoi Allah Swt.

Dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini, peneliti masih menghadapi kendala dan hambatan yang dilalui, namun berkat bantuan, bimbingan doa, dan dorongan dari berbagai pihak serta izin Allah Swt. sehingga kendala-kendala tersebut dapat dilalui dan diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, peneliti menyampaikan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada orang tua tersayang yaitu Ayahanda **Ponimin** dan Ibunda tercinta **Walinem** yang telah memberikan kasih sayang tanpa batas, dukungan moril dan materil, serta doa yang tidak pernah berhenti demi keberhasilan peneliti. Kepada Abang **Supriadi**, **Sutrisno** dan **Purwanto** yang memberikan kata semangat, Kakak tersayang **Sri Purnama**, dan Adik terbaik **Dewi Pujiawati** yang merupakan salah satu sumber kebahagiaan yang selalu mendukung peneliti dalam mengerjakan skripsi ini. Semoga kita menjadi keluarga yang rukun dan menjadi kebanggaan orang tua.

Pada kesempatan ini, peneliti juga mengucapkan banyak terima kasih yang tulus kepada nama-nama yang tertera di bawah ini:

1. **Prof. Dr. Agussani, M.AP.**, Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. **Munawar Alfansyuri Siregar.**, Selaku Dekan Fakultas Teknik

3. **Faisal Irsan Pasaribu, S.T,M.T**, Selaku Ketua Prodi Teknik Elektro
4. **Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T,M.Sc** Selaku dosen pembimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. **Rimbawati, S.T,M.T** dan **Partaonan Harahap, S.T,M.T** selaku penguji satu dan dua
6. **Bapak Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro**, yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada peneliti.
7. **Pegawai Biro di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara** yang telah memberikan banyak pertolongan kepada peneliti dalam prosedur administrasi penelitian.
8. **Wawan Septiawan Damanik, S.T,M.T** , **Ferry Nizam Ahmad, S.T**, Kakak senior yang telah memberikan banyak bantuan kepada peneliti, ketika menjalani proses penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman penulis yang namanya tidak dapat di sebutkan satu persatu yang telah membantu selama perkuliahan dan memberi semangat dalam penulisan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan **kelas A 3 Stambuk 2017** Teknik Elektro

Kepada seluruh pihak yang tidak dapat peneliti sebutkan satu per satu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Akhirnya tiada kata yang lebih baik dan sempurna yang dapat peneliti ucapkan bagi semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian ini, melainkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang bersifat membangun bagi peneliti, kiranya dapat diberikan.

Peneliti mendoakan kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada peneliti semoga Allah Maha Baik membalas kebaikan dengan pahala yang berlimpah. Aamiin. Akhir kata dari peneliti mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 14 September 2021

Peneliti,

INDRA SAPUTRA

NPM. 1707220052

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Potensi Energi Matahari.....	8
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	10
2.3.1 Sistem kerja PLTS.....	11
2.3.2 Rangkaian seri panel surya.....	12
2.3.3 Rangkaian paralel panel surya	13
2.3.4 Rangkaian seri paralel panel surya	13
2.3.5 Sejarah Sel Photovoltaic	14
2.3.6 Prinsip Kerja Sel Photovoltaic	15
2.3.7 Jenis Jenis Sel Surya	16
2.4 Angin.....	18
2.5 Jenis Jenis Angin.....	18
2.5.1 Angin Laut	18
2.5.2 Angin darat.....	18
2.5.3 Angin lembah.....	19
2.5.4 Angin muson	19
2.6 Potensi Energi Angin	20

2.7	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	21
2.8	Jenis Jenis Turbin	23
2.8.1	Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)	23
2.8.2	Turbin Angin Sumbuh Vertikal (TASV)	25
2.9	Pembangkit Listrik Hibrida (PLH)	26
2.10	HOMER (<i>Hibrida Optimazation Model For Electric Renewables</i>)	27
2.10.1	Total Net Present Cost (NPC)	28
2.10.2	Total annualized cost (Cann,tot)	28
2.10.3	Annualized capital cost	29
2.10.4	Annualized replacement cost	29
2.10.5	Capital recovery factor	29
2.10.6	Biaya operasi dan perawatan (O&M cost)	30
2.10.7	Biaya bahan bakar generator	30
2.10.8	Levelized <i>cost of energi</i> (LCOE)	30
2.11	MPPT	31
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1	Tempat dan Waktu	32
3.1.1	Tempat	32
3.1.2	Waktu	32
3.2	Alat dan Bahan	33
3.2.1	Alat	33
3.2.2	Bahan	35
3.3	Prosedur Penelitian	36
3.3.1	Metode pengumpulan data	36
3.3.2	Metode pengolahan data	36
3.4	Bagan Alir Penelitian	38
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Data Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari	39
4.2	Menentukan Luas Daerah Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida	40
4.3	Daya Keluaran dari sistem PLTB	40
4.4	Daya keluaran sistem PLTS	43
4.5	Desain Sistem Hibrid dengan HOMER	47
4.6	Simulasi HOMER	48
4.7	Perbandingan Biaya Produksi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida	51
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1	Kesimpulan	53

5.2	Saran	53
	Daftar Pustaka	54
	LAMPIRAN 1 Gambar perencanaan pembangkit listrik hibrida	56
	LAMPIRAN 2 Lembar Asistensi	57
	LAMPIRAN 3 BIOGRAFI PENULIS	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Radiasi Matahari Paluh Sibaji	9
Gambar 2.2 PLTS Likupang	11
Gambar 2.3 Solar Sel Modul.....	11
Gambar 2.4 Cara kerja sistem PLTS.....	12
Gambar 2.5 Rangkaian seri solar panel.....	13
Gambar 2.6 Rangkaian Pararel	13
Gambar 2.7 Rangkaian seri pararel.....	14
Gambar 2.8 Cara Kerja Sel Surya.....	16
Gambar 2.9 Sel Monocrystalinne.....	17
Gambar 2.10 Sel Poly Cristalline.....	17
Gambar 2.11 Solar Thin Film	18
Gambar 2.12 Table Kecepatan Angin Setiap Bulan Paluh Sibaji.....	20
Gambar 2.13 Sistem Kerja PLTB	22
Gambar 2.14 Turbin Angin Sumbuh Horizontal.....	24
Gambar 2.15 Turbin Angin Sumbuh Vertikal.....	26
Gambar 2.16 Pembangkit Listrik Hibrida.....	27
Gambar 2.17 Pembangkit listrik hibrida bayu surya.....	27
Gambar 3.4 spesifikasi komputer.....	33
Gambar 3.5 Tampilan HOMER	34
Gambar 3.6 Autocad 2012	34
Gambar 3.1 Solar Panel.....	35
Gambar 3.2 Turbin Angin Vertikal.....	35
Gambar 3.3 Inverter	36
Gambar 3.7 Flow chart penelitian.....	38
Gambar 4.1 Desain pembangkit Hibrida Dengan Homer	47
Gambar 4.2 Simulasi Beban Harian Masukan	48
Gambar 4.3 Hasil Simulasi Sistem Dengan Homer	48
Gambar 4.4 Simulasi Produksi listrik Panel Surya	49
Gambar 4.5 Simulasi produksi listrik Turbin Angin.....	50
Gambar 4.6 Simulasi Daya Keluaran Sistem Hibrida.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensi angin berdasarkan kecepatan (Habibie et al., 2011).....	21
Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Turbin TASH.....	24
Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan Turbin angin TASV.....	26
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	32
Tabel 4.1 Kecepatan angin paluh sibajih kecamatan pantai labu yang diambil dari NASA.....	39
Tabel 4.2 Radiasi matahari paluh sibaji kecamatan pantai labu yang diambil dari NASA.....	39
Tabel 4.3 Spesifikasi turbin angin.....	40
Tabel 4.4 Spesifikasi panel surya Canadian 330 wp.....	44
Tabel 4.5 Masukan parameter HOMER.....	47
Tabel 4.6 Hasil Simulasi HOMER.....	51

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Daya setiap bulan sistem PLTB	43
Grafik 4.2 Daya setiap bulan sistem PLTS	46
Grafik 4.3 Perbandingan Tarif Dasar Listrik PT.PLN Dengan Biaya Produksi PLTH.....	51

DAFTAR NOTASI

A	= Luas (m^2)
C	= konstanta Betz (59,3%)
C_{acap}	= biaya modal awal
COE	= <i>cost of energi</i> (Rp/kWh)
C_{rf}	= factor pemulihan modal
E	= Energi Kinetik (Joule)
E_a	= Energi efektif (watt)
E_i	= Efisiensi Inverter (%)
E_p	= Efisiensi Panel (%)
i	= suku bunga
I	= Arus (A)
I_r	= Radiasi Matahari (W/m^2)
m	= masa udara (kg)
N	= jumlah tahun
P	= Daya (Watt)
p	= masa jenis (kg/m^3)
$P_{watt\ peak}$	= Daya sistem (watt)
P_{mmp}	= Daya maksimal panel surya (wp)
R	= umur proyek
V	= Tegangan (Volt)
v	=Kecepatan Angin (m/s)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia dan di dunia baik dalam segi peningkatan jumlah penduduk, ekonomi maupun gaya hidup mendorong bertumbuhnya juga kebutuhan akan energi terutama kebutuhan akan energi listrik. Energi mempunyai posisi yang sangat strategis dalam pembangunan suatu negara, khususnya dalam mengakselerasi kemajuan ekonomi suatu Negara dimana segala bentuk kebutuhan manusia tidak pernah luput dari energi listrik baik sektor rumah tangga maupun bisnis. Kenaikan konsumsi energi bagi Indonesia diharapkan akan semakin menaikkan pertumbuhan ekonomi.

Pembangkit penghasil energi listrik dunia maupun khususnya di Indonesia sebagian besar masih menggunakan energi fosil yang tidak dapat di perbaharui serta memiliki batas ketersediaan untuk di manfaatkan dalam jangka panjang. Sesuai dengan cetak biru Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2005 cadangan minyak Indonesia diperkirakan akan habis dalam 18 tahun mendatang dengan rasio produksi di dalamnya (Utara, 2005). Selain ketersediaannya yang terbatas penggunaan energi fosil seperti minyak dan batu bara ternyata berdampak buruk untuk kehidupan jika di gunakan dalam jangka panjang. peningkatan kadar gas rumah kaca di atmosfer akibat dari pembakaran energi fosil dapat memicu pemanasan secara global dan perubahan iklim secara ekstrem. (Wilayah et al., n.d.).

Indonesia merupakan Negara kepulauan dalam lintang katulistiwa yang memiliki hutan yang luas serta potensi energi baru terbarukan yang sangat besar untuk pembangkit listrik menjadikan Indonesia Negara yang berpera penting dalam mengurangi terjadinya pemanasan global namun sampai tahun 2020 realisasi penggunaan energi baru dan terbarukan masih berkisar 11%, sementara itu target energi mix pada tahun 2025 untuk energi baru dan terbarukan total adalah 23% berdasarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN), untuk mencapai target tersebut tentunya di perlukan kerjasama dari berbagai pihak baik dari

pemerintah, pengembang energi terbarukan serta masyarakat itu sendiri selaku konsumen.

Beberapa energi terbarukan di Indonesia yang saat ini menjadi primadona untuk di jadikan pembangkit listrik adalah energi angin dan energi matahari. Pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) yang berlokasi di Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan dengan kapasitas 25 MW yang selesai pada tahun 2018 serta pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang berada di Likupang, Sulawesi Utara dengan kapasitas 15 MW menjadi bukti bahwasanya energi angin dan surya dapat di manfaatkan sebagai sumber energi listrik.

Pesisir pantai labu yang merupakan daerah jika di lihat secara kasap mata merupakan daerah dengan intensitas matahari yang cukup tinggi dengan suhu maksimum mencapai 34°C dan minimum 23°C serta hebusan angin yang cukup kuat menjadi daerah yang potensial untuk di kembangkan sebagai alternatif pembangkit listrik. Selain dari potensi energi terbarukannya pantai labu juga merupakan daerah dengan perputaran ekonomi yang cukup bagus baik dari segi pariwisata maupun industry kecil menengah.

Berdasarkan potensi yang ada pada pesisir pantai labu baik dalam segi ekonomi maupun sumber energi terbarukan serta demi mengurangi ketergantungan akan energi fosil maka peneliti akan melakukan analisa potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (angin surya) pada daerah pesisir pantai labu terutama pada desa paluh sibaji dengan estimasi luas daerah yang di manfaatkan seluas 100.000 m^2 atau 10 hektare menggunakan software HOMER.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas di dapat rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain

1. Berapa besar energi listrik yang dapat di hasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) pada pesisir pantai labu dengan luas daerah 100.000 m^2 ?
2. Berapa biaya yang di perlukan untuk produksi setiap kWh listrik pembangkit listrik tenaga hibrida?
3. Bagaimana perbandingan antara biaya produksi PLTH (Angin Surya) pada pesisir pantai labu dengan tarif dasar listrik PT.PLN?
4. Bagaimana potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir panti labu dari segi ekonomi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui besar energi listrik yang dapat di hasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida (angin surya) pada pesisir pantai labu dengan luas daerah 100.000 m².
2. Mengetahui besarnya biaya yang di perlukan untuk memproduksi setiap kWh listrik.
3. Mengetahui perbandingan biaya produksi dari pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu terhadap tarif dasar listrik PT.PLN.
4. Mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu dari segi ekonomi.

1.4 Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka di tetapkan ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisa potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (surya dan angin) pada pesisir pantai labu berdasarkan potensi energi listrik yang dapat di hasilkan dari energi angin dan surya.
2. Menganalisa potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) menggunakan software homer berdasarkan tinjauan ekonomi dengan menghitung biaya produksi pada setiap produksi kWh listrik.
3. Membandingkan biaya produksi dari pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu terhadap tarif dasar listrik.
4. Menyimpulkan potensi pembangkit listrik hibrida pada pesisir pantai labu.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian ini di harapkan dapat memberikan manfaat terutama bagi mahasiswa. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah.

1. Menambah wawasan bagi mahasiswa bagaimana memanfaatkan potensi energi di sekeliling untuk di manfaatkan sebagai sumber energi yang bermanfaat bagi umat manusia.
2. Mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) pada pesisir pantai labu.
3. Menjadi bahan acuan bagi mahasiswa lain dalam penelitian yang sama

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam penyusunan tugas akhir ini dengan judul analisis potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu menggunakan software homer peneliti menggunakan beberapa referensi dari penelitian terdahulu yang relevan dengan judul tugas akhir ini. Adapun beberapa referensi yang di gunakan yang pertama penelitian oleh Hutasuhut & Chaniago tahun 2018 dengan judul *Analysis of Hibrida Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera* dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan hasil penelitiannya yang telah melakukan beberapa survey di dapat dari hasil analisis data menunjukkan bahwa Provinsi Sumatera Utara sangat potensial untuk di kembangkan teknologi pembangkit listrik tenaga hibrida (mikrohidro, surya, angin dan baterai) untuk mendukung percepatan pembangunan pedesaan. curah hujan rata rata di dataran rendah rata-rata 166 mm / bulan, penyinaran matahari rata-rata 185,78 Wh / m² / hari dan kecepatan angin rata-rata 2,68 knot. Selanjutnya untuk dataran dengan curah hujan sedang rata-rata 176 mm / bulan, intensitas penyinaran matahari 176 Wh / m² / hari dan kecepatan angin rata-rata 2,32 Knot, sedangkan curah hujan dataran tinggi rata-rata 171 mm / bulan, intensitas penyinaran matahari 181,09 Wh / m² / hari serta kecepatan angin 2,5 knot. (Hutasuhut & Chaniago, 2018)

Kemudian Pada penelitian Hasibuan tahun 2021 dalam (Hasibuan et al., 2021) dengan judul Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Penerangan Pada Perahu Nelayan, beliau mengatakan Para nelayan kecil menggunakan perahu dalam kegiatannya menangkap ikan ke tengah laut. Banyak dari perahu tersebut tidak dilengkapi dengan sarana penerangan yang layak. Sampai sejauh ini hanya sumber pangan seperti ikan dan hewan laut lainnya saja yang dimanfaatkan oleh nelayan. Padahal laut memiliki ketersediaan sumber energi yang sangat berlimpah seperti tenaga angin. Turbin angin menjadi pilihan untuk mengkonversi tenaga angin di laut menjadi sumber penerangan perahu nelayan karena lain mudah dibuat, mudah perawatan dan tidak perlu tiang yang tinggi.

Selanjutnya penelitian dari Lubis pada tahun 2019 yang mengaplikasikan turbin angin sebagai penggerak awal alternator sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Pada penelitiannya di dapat rata-rata tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan alternator mobil adalah 1,74 volt dengan arus rata-rata 0,424 ampere dan daya yang dikeluarkan adalah 0,74 watt. Diketahui bahwa semakin cepat putaran alternator yang dilakukan maka akan berakibat pada putaran turbin angin semakin cepat sehingga output tegangan yang dihasilkan alternator juga semakin besar (Lubis et al., 2019)

Pada program pengabdian masyarakat Rimbawati dalam (Rimbawati et al., 2021) pada tahun 2021 yang bertujuan untuk mengimplementasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menyediakan energi listrik di kawasan wisata yang disebut wisata persawahan untuk menekan biaya pembelian energi listrik bagi pengelola serta juga sebagai sarana edukasi bagi pengunjung untuk mengenalkan energi hijau di masa depan. Dalam pengabdian masyarakat ini Rimbawati menerapkan sistem PLTS dengan kapasitas 3500 WP yang digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan penerangan. Dengan program ini, pengelola dapat menekan biaya sebesar Rp. 3.000.000 / bulan untuk kebutuhan listrik.

Kemudian dalam penelitian yang hamper sama Harahap pada tahun 2020 dalam (Harahap, 2020), melakukan perbandingan dari dua jenis panel surya untuk mendapatkan pengaruh temperatur, dan perbandingan 2 merk panel sel surya Pada pengukuran kedua panel surya jenis polycrystalline merk A dan B, di dapat bahwa dari kinerja pada panel sel surya dari merk A dan B yang lebih bagus adalah B dikarenakan nilai penyerapan pada B lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai Imp penyerapan yang berbeda tiap jenis dan tipe. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperatur permukaan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semangkin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semangkin meningkat begitupun sebaliknya (Harahap, 2020).

Berdasarkan penelitian di atas peneliti menyimpulkan energi angin serta matahari sangat potensial untuk di kembangkan terutama di Sumatera Utara. Berdasarkan penelitian dari Bahramara & Moghaddam pada tahun 2016 dengan judul Perencanaan optimal sistem energi terbarukan hibrida menggunakan

HOMER dari fakultas teknik elektro Komputer Universitas Tarbiat Modares, Iran yang mengatakan Konsumsi energi dunia meningkat karena pertumbuhan penduduk dan peningkatan industrial. Sumber daya energi fosil tidak dapat memenuhi persyaratan dengan memperhatikan emisi gas rumah kaca dan biaya siklus hidup yang tinggi sehingga sumber energi terbarukan merupakan alternatif yang tepat bagi sumber daya tradisional untuk memenuhi peningkatan konsumsi energi, khususnya di bidang ketenagalistrikan. Bahramara & Moghaddam juga mengatakan untuk mengakses biaya investasi dan operasi minimum dan juga memenuhi kendala teknis dan emisi. Salah satu alat paling ampuh untuk tujuan ini adalah perangkat lunak Model Pengoptimalan Hibrid untuk Energi Terbarukan Listrik (HOMER) yang dikembangkan oleh *National Renewable Energi Laboratory* (NREL), Amerika Serikat. Software ini telah banyak digunakan oleh banyak peneliti di seluruh dunia. (Bahramara & Moghaddam, 2016).

Selanjutnya adapula penelitian dari Hidayat pada tahun 2019 dalam Penelitiannya ini membahas analisa ekonomi perencanaan sistem PLTS terhubung dengan jaringan listrik PLN hasil simulasi HOMER dan PVsyst. Dari sisi ekonomi menganalisis biaya investasi dan alur kas selama investasi PLTS, menggunakan beberapa metode, yaitu Net Present Value (NPV), Benefit–Cost Ratio (B-CR), dan Discounted Payback Period (DPP). Serta menghitung harga jual energi listrik untuk memperoleh kelayakan investasi. Hasil perhitungan analisis ekonomi teknik berdasarkan simulasi HOMER dan PVsyst dengan harga jual energi sebesar RP 1840,2 tidak layak, karena tidak mampu mengimbangi biaya investasi awal yang tinggi. Setelah dilakukan analisis sensitivitas dengan menaikkan harga jual energi, hasil perhitungan analisis ekonomi teknik berdasarkan simulasi HOMER dapat dikatakan layak apabila harga jual energi sebesar Rp 1932,8/kWh, sedangkan untuk PVsyst sebesar Rp 1440,2/kWh, karena mampu menutup biaya investasi. (Hidayat et al., 2019)

Dalam penelitian Bachtiar & Hayyatul pada tahun 2018 mengatakan pada saat ini bahan bakar fosil masih banyak digunakan untuk memproduksi listrik, dimana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan habis dan susah diperbarui. Dari perancangan sistem PLTB dilakukan di PT. Lentera Angin Nusantara di desa Ciheras, kecamatan Cipatujah, kabupaten Tasikmalaya, Jawa

Barat. Sistem pembangkitan menggunakan *wind turbine*, baterai, *converter* dan perhitungan dari sistem secara menyeluruh menggunakan software HOMER versi 2.68. Hasil simulasi dengan software HOMER ini bahwa potensi angin dipantai Ciheras ini memiliki potensi angin yang cukup baik untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, dimana kecepatan angin yaitu berkisar diantara 3 – 12 m/s. Besar daya listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ini cukup akurat untuk memasok beban listrik, dalam satu tahun *Wind turbine* dapat menghasilkan rata-rata daya listrik melalui simulasi Homer yaitu 129 W dan dalam perhitungan didapat sebesar 137 W (Bachtiar & Hayyatul, 2018)

Penelitian selanjutnya oleh Abu bakar 2017 dalam penelitiannya abu bakar menyelidiki prospek dan efektivitas biaya penerapan sistem PLTS dan Angin di negara bagian sokoto Nigeria. sokoto merupakan daerah dengan radiasi matahari sebesar 6kWh / m² / hari dan kecepatan angin 5m / s pada ketinggian 10m. Dengan menggunakan perangkat lunak pengoptimalan Homer, sistem RE terintegrasi yang optimal adalah PV 35,21 kW, turbin angin 3 x 25 kW, baterai asam timbal 12 x 24V, dan converter 17,44 kW. Sistem memiliki total biaya modal \$ 249.910,24, biaya penggantian \$ 82.914,85 dan biaya pemeliharaan \$ 53.802,80 selama 25 tahun. Meskipun biaya modal awalnya tinggi tetapi manfaat jangka panjangnya sangat besar, mengingat tingginya biaya penerapan skema listrik pedesaan, ditambah dengan kenaikan tarif listrik. Hasil penelitian menunjukkan sistem PV dan angin mandiri layak dilaksanakan di masyarakat pedesaan sokoto dengan sistem energi bebas polusi 100%. (Abubakar et al., 2017)

Berdasarkan beberapa referensi penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian penulis dengan judul analisis potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu menggunakan software homer maka peneliti menyatakan bahwasanya penelitian penulis layak untuk di lanjutkan sebagai tugas akhir mahasiswa.

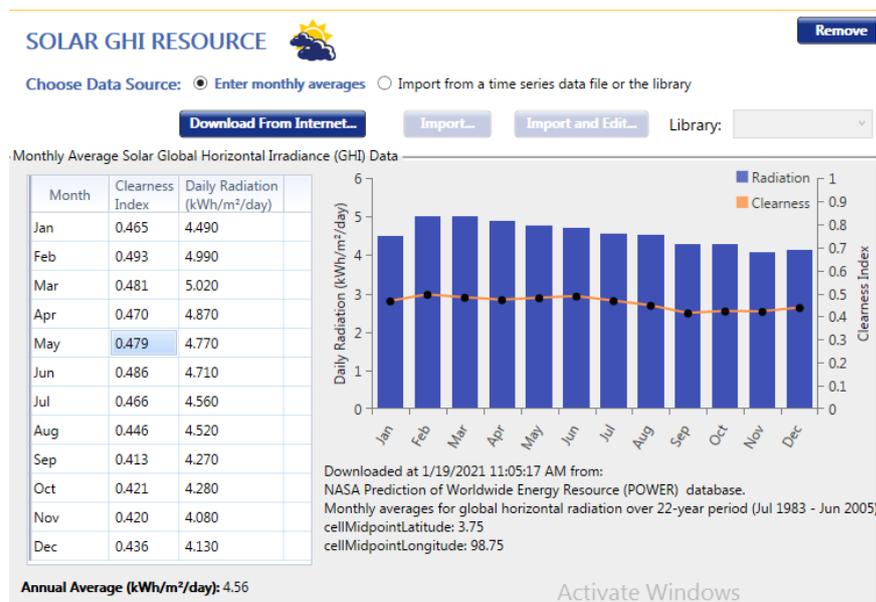
2.2 Potensi Energi Matahari

Energi matahari atau energi surya merupakan energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari. Tenaga surya hadir dalam bentuk panas dan cahaya. Tenaga surya dapat di manfaatkan secara langsung maupun dengan konversi enegi. Beberapa contoh dari pemakaian langsung adalah menghangatkan

rumah, memasak dan menyediakan air panas. Sedangkan contoh pemakaian tidak langsung adalah pembangkit listrik tenaga surya. Ketersediaan energi matahari untuk seluruh dunia akan tetap tersedia hingga akhir zaman. Indonesia merupakan Negara tropis yang memiliki 2 musim mengakibatkan energi matahari dapat di gunakan secara optimal. Energi matahari yang tersedia sepanjang tahun dapat di manfaatkan sebagai sumber energi listrik ramah lingkungan.

Penggunaan energi matahari menjadi energi listrik sangat berkembang pesat di seluruh dunia tidak terkecuali di Indonesia. Beberapa Negara maju yang sangat berambisi untuk mengembangkan pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit energi listrik seperti China, Uni Emirat Arab, Saudi Arabia, Jepang, bahkan Afrika Selatan. Salah satu PLTS terbesar dunia adalah PLTS Tengger Desert Solar Park dengan kapasitas 1547MW yang berada di Zhongwei, Ningxia China

Radiasi yang di keluarkan oleh matahari sampai di permukaan bumi sebesar 1000 watt/m^2 . Di Indonesia Timur, nilai insolasi berkisar antara (5-6) kWh/m²/hari , sedangkan di Indonesia sebelah barat berkisar 4 kWh/m²/ hari.(Artiningrum et al., 2019). Berdasarkan data dari NASA (*National Aeronautics and Space Administrator*) badan antariksa amerika serikat, besarnya GHI (*Global Horizontal Irradiance*) pada daerah pesisir pantai labu yang di unduh dari software Homer memiliki rata rata $4,56 \text{ kw/m}^2/\text{day}$. Lihat gambar 2.1.



Gambar 2.1 Radiasi Matahari Paluh Sibaji

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sebuah teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Hingga saat ini, energi surya telah populer di antara sumber energi terbarukan lainnya terutama karena fitur *plug and play*, tidak seperti sumber daya lain yang membutuhkan dukungan mekanis seperti motor atau generator (tenaga air, angin, gelombang) atau dukungan kimia (bahan bakar nabati) yang sebagian besar berorientasi pada keadaan. Teknologi surya baru dan berkembang dengan kecepatan linier. Teknologi tenaga surya telah dipopulerkan sejak penerapannya sebagai sumber energi alternatif untuk kalkulator saku. Sekarang panel surya digunakan di sepanjang jalan raya utara-selatan, menara telekomunikasi, dan bahkan untuk penerangan jalan (Gomesh et al., 2013). Konversi energi matahari menjadi energi listrik ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel sel photovoltaic. Sel sel photovoltaic merupakan lapisan lapisan tipis dari sebuah silicon murni ataupun semi konduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang dapat bereaksi terhadap cahaya matahari dan menghasilkan arus listrik.

Potovoltaik adalah teknologi yang menghasilkan daya listrik arus searah (DC) yang diukur dalam Watt (W) atau kiloWatt (kW) dari semikonduktor ketika diterangi oleh foton. Selama cahaya menyinari sel surya (nama untuk elemen PV individu), itu menghasilkan tenaga listrik. Saat lampu berhenti, listrik mati. Sel surya tidak perlu diisi ulang seperti baterai. Beberapa telah beroperasi di luar ruangan terus menerus di Bumi atau di luar angkasa selama lebih dari 30 tahun (Luque & Hegedus, n.d.). Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus.

$$P = V.I \text{ ----- (1)}$$

Dimana

P : daya (watt)

V : tegangan (v)

I : Arus (A)



Gambar 2.2 PLTS Likupang

Suatu sistem PLTS merupakan gabungan dari beberapa sel surya yang di bentuk menjadi kesatuan panel module dan di satukan dalam suatu sistem array. untuk mendapatkan besar daya keluaran yang di hasilkan sebuah sistem PLTS yang di inginkan di butuhkan menggabungkan modul surya dalam suatu rangkaian. Rangkaian ini dapat berupa rangkaian seri, pararel atau seri pararael tergantung besarnya voltase atau tegangan yang akan di gunakan dalam sistem PLTS. Lihat gambar 2.3

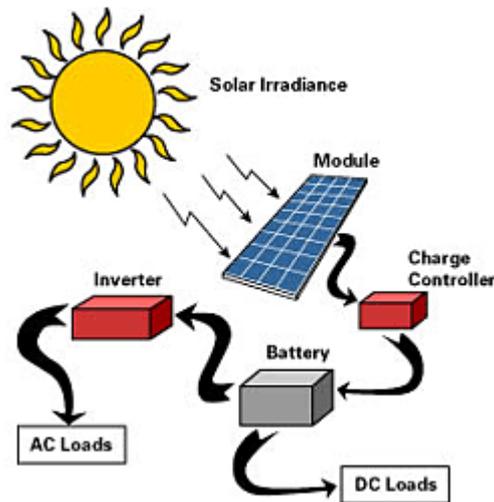


Gambar 2.3 Solar Sel Modul

2.3.1 Sistem kerja PLTS

PLTS merupakan satuan modul yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan radiasi matahari. Besarnya energi listrik yang dapat di

hasilkan sistem PLTS berdasarkan intensitas matahari sehingga sistem PLTS tidak dapat bekerja saat tidak ada pancaran sinar matahari baik malam hari maupun mendung. Sistem PLTS dominan memiliki penyimpanan energi yang sangat besar untuk menyimpan energinya namun pada beberapa sistem PLTS tidak menggunakan penyimpanan energi sehingga hanya dapat bekerja saat sinar matahari memadai.



Gambar 2.4 Cara kerja sistem PLTS

2.3.2 Rangkaian seri panel surya

Penyusunan rangkaian seri pada panel surya akan meningkatkan tegangan tetapi arus konstan. Tegangan total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari tegangan yang dihasilkan oleh modul ($V_{oc1}+V_{oc2}$), hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff. Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negative (-) yang baru: positif (+) sel surya pertama dengan negative (-) yang baru.

$$V \text{ total} = V_1 + V_2 + V_3 \text{ ----- (2)}$$

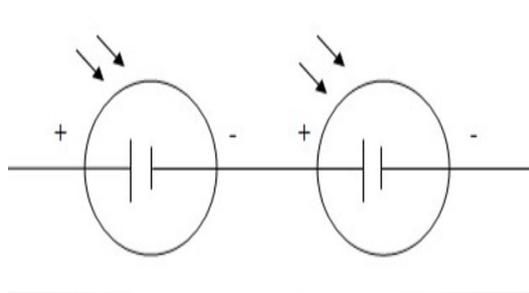
Dimana

$V \text{ total}$: Tegangan keseluruhan

V_1 : Tegangan panel 1

V_2 : Tegangan panel 2

V_3 : Tegangan panel 3



Gambar 2.5 Rangkaian seri solar panel

2.3.3 Rangkaian paralel panel surya

Penyusunan rangkaian paralel pada sistem solar panel di gunakan untuk meningkatkan nilai arus dengan tetap mempertahankan nilai tegangan nya.

Besar nilai arus pada rangkaian

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + I_3 \text{ (3)}$$

Dimana

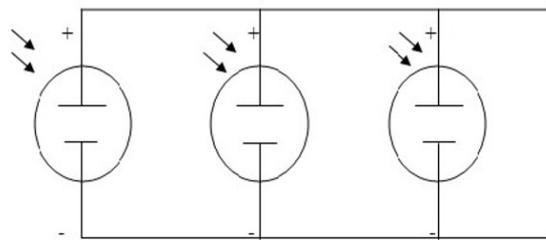
I_{Total} = Arus keseluruhan

I_1 = Arus panel 1

I_2 = Arus panel 2

I_3 = Arus panel 3

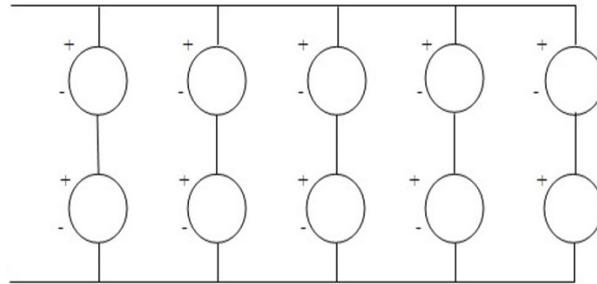
Dengan tegangan nominal yang konstan



Gambar 2.6 Rangkaian Paralel

2.3.4 Rangkaian seri paralel panel surya

Rangkaian seri paralel merupakan gabungan dari rangkaian seri dan paralel atau juga di sebut rangkaian gabungan. Rangkaian gabungan di gunakan untuk menaikkan nilai arus maupun tegangan.



Gambar 2.7 Rangkaian seri paralel

Untuk mengetahui besarnya daya yang dapat di bangkitkan pada sistem PLTS dapat di hitung dengan persamaan (Hayu & Siregar, 2018)

$$P_{out} = I_r \cdot A \cdot E_i \cdot E_p \text{-----} (4)$$

Dimana

P_{out} : Daya keluaran

I_r : Radiasi matahari ($W.m^2$)

A : Luas daerah pemasangan panel surya

E_i : Efisiensi inverter

E_p : Efisiensi Panel

Selanjutnya untuk mengetahui jumlah panel surya yang akan di pasang di gunakan rumus :

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P \text{ watt peak}}{P_{mpp}} \text{-----} (5)$$

Dimana :

$P \text{ watt peak}$: Daya keluaran sistem (watt)

P_{mpp} : Daya maksimal keluaran panel surya (wp)

2.3.5 Sejarah Sel Photovoltaic

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi solar cell. Percobaan ini dilakukan dengan menyinari dua buah elektrode dengan berbagai macam cahaya. Elektrode tersebut dilapisi dengan bahan yang sensitif terhadap cahaya, yaitu AgCl dan AgBr, dan dilakukan pada kotak hitam yang dikelilingi dengan campuran asam. Dalam percobaanya, ternyata tenaga listrik meningkat saat intensitas cahaya meningkat.

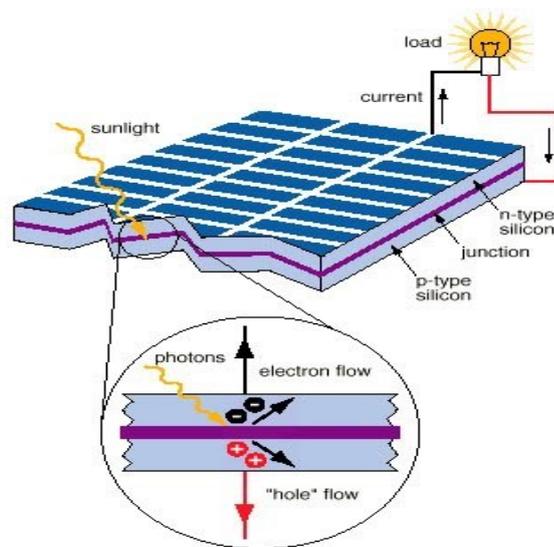
Kemudian, penelitian dari Bacquerel dilanjutkan oleh peneliti-peneliti lainnya. Pada tahun 1873, seorang insinyur Inggris Willoughby Smith menemukan Selenium sebagai suatu elemen fotokonduktivitas. Kemudian pada tahun 1876, William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwasanya Selenium menghasilkan arus listrik apabila disinari dengan sinar matahari. sehingga disimpulkan bahwa solar cell sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik.

Charles Fritts pada Tahun 1894 membuat sel surya pertama, yaitu suatu bahan semikonduktor (selenium) yang dibalut dengan lapisan tipis emas. Tingkat efisiensi yang didapat hanya 1% sehingga belum dapat dipakai sebagai sumber energi, tetapi kemudian dipakai sebagai sensor cahaya. Albert Einstein pada Tahun 1905, mempublikasikan tulisannya mengenai efek fotolistrik. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket-paket atau "*quanta of energi*" yang kini lazim disebut "*photon*". Kemudian tahun 1916 Robert Andrew Millikan, seorang ahli fisika berkebangsaan Amerika membuktikan pendapat Einstein mengenai efek fotolistrik dibuktikan oleh percobaan yang mendapatkan Nobel Prize. Pada tahun 1982, Hans Tholstrup seorang warga Negara Australia mengendarai mobil bertenaga surya pertama untuk jarak 4000 km dalam waktu 20 hari dengan kecepatan maksimum 72 km/jam. Kemudian University of South Wales Australia Tahun 1985 memecahkan rekor efisiensi sel surya mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari. University of Delaware berhasil menemukan teknologi sel surya yang efisiensinya mencapai 42.8% Pada Tahun 2007 Hal ini merupakan rekor terbaru untuk "*thin film photovoltaicsolar cell*". Perkembangan dalam riset sel surya telah mendorong komersialisasi dan produksi sel surya untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

2.3.6 Prinsip Kerja Sel Photovoltaic

Sinar matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang di sebut dengan Foton. Ketika sel *photovoltaic* yang berbahan semi konduktor terkena pancaran sinar matahari maka partikel partikel kecil pada matahari akan memisahkan electron dari stuktur atomnya. Electron yang terpisah bermuatan negative (-) akan bergerak bebas pada daerah konduksi dari material semikonduktor. atom yang kehilangan elektronnya akan terjadi kekosongan yang di sebut *hole* dengan muatan positif.

Konduksi dari material semikonduktor yang bermuatan negative di sebut dengan semikonduktor type N sedangkan daerah semikonduktor dengan hole yang bersifat positif di sebut dengan semi konduktor type P. Pada persimpangan antara muatan positif dan negative ini akan menimbulkan energi yang mendorong electron dan holeh untuk bergerak kearah berlawanan. Electron akan bergerak menjauhi daerah negative sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif, proses ini lah yang menimbulkan munculnya arus listrik.

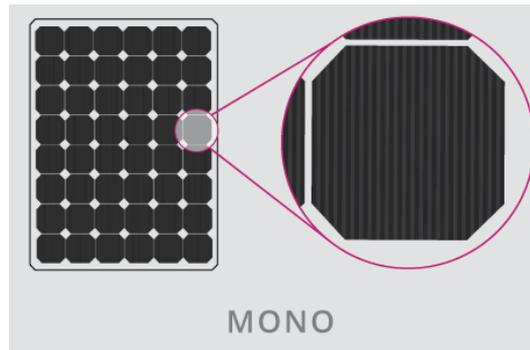


Gambar 2.8 Cara Kerja Sel Surya

2.3.7 Jenis Jenis Sel Surya

1. Monocrystalline

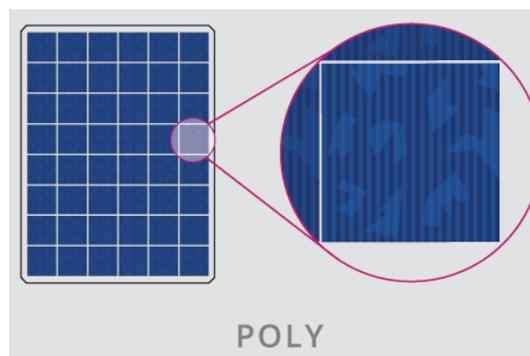
Sel surya Monocrystalline adalah panel surya yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan juga menghasilkan daya listrik tinggi. Sel surya mono- crystalline dibuat menggunakan crystall silicon murni yang sudah melalui sebuah proses *Czochralski* yang hasilnya ialah Ingot. Proses *Czochralski* yaitu suatu proses pemurnian suatu bahan dengan cara pengkristalan, bahan yang akan di kristalkan dimasukan ke dalam tempat yang sulit bereaksi dengan zat lain misalnya seperti quartz dan gas mulia argon.



Gambar 2.9 Sel Monocrystalinne

2. Polycristaline

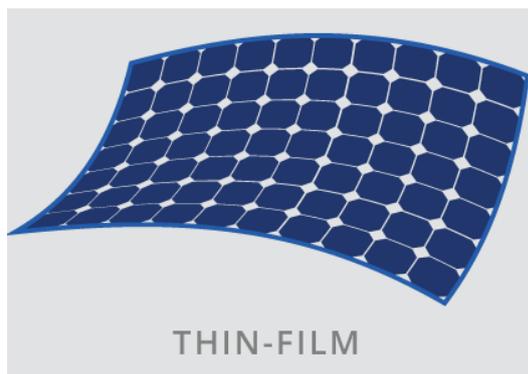
Sel surya Polycristaline merupakan suatu panel surya yang mempunyai atau memiliki susunan kristal acak. Jenis atau macam ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan setelah itu dituangkan kembali dalam cetakan yang berbentuk persegi. Polycrystal silicon ini diperkenalkan ke pasaran ditahun 1981. Polycrystalline ini tidak memerlukan proses *Czochralski*.



Gambar 2.10 Sel Poly Cristalline

3. Thin Film Solar Cell (TFSC)

Thin Film Solar Cell adalah panel surya yang terdiri dari dua () lapisan yang dibuat dengan menambahkan satu atau lebih lapisan tipis atau Thin Film bahan photovoltaic ke dalam substrate seperti kaca, plastik atau metal.



Gambar 2.11 Solar Thin Film

2.4 Angin

Angin merupakan salah satu unsur yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim. Angin merupakan pergerakan udara yang terjadi karena perbedaan tekanan udara yang mengakibatkan adanya hembusan atau pun tiupan disuatu tempat. Kecepatan angin dapat di ukur dengan alat yang di sebut anemometer. Angin telah lama dimanfaatkan untuk kehidupan manusia seperti menggerakkan kapal nelayan, menggerakkan kincir untuk irigasi ataupun menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. Pemanfaatan angin untuk pembangkit listrik masih sangat kurang efisien karena hembusan angin yang tidak konstan serta ketersediaannya tidak selalu ada sehingga pemanfaatannya di bidang pembangkit listrik perlu di barengi dengan penyimpanan energi sementara seperti baterai.

2.5 Jenis Jenis Angin

2.5.1 Angin Laut

Angin laut merupakan fenomena alam dimana udara dari laut bergerak menuju kedaratan di akibatkan karena perbedaan suhu antara laut dan daratan. Suhu udara pada laut lebih tinggi di bandingkan dengan udara daratan pada malam hari karena pada malam hari laut masih menyimpan panas yang di dapat pada siang hari. Karena perbedaan suhu ini maka udara bergerak dari laut menuju ke daratan. Fenomena ini terjadi antara pukul 09.00 hingga 16.00.

2.5.2 Angin darat

Angin darat merupakan fenomena alam dimana udara dari darat bergerak menuju laut di akibatkan karena perbedaan suhu antara daratan dan laut. Suhu udara pada darat lebih tinggi di bandingkan dengan udara laut pada siang hari.

Karena perbedaan suhu ini maka udara bergerak dari daratan menuju ke lautan. Fenomena ini terjadi antara pukul 20.00 hingga 04.00.

2.5.3 Angin lembah

Angin lembah merupakan angin yang bertiup dari lembah menuju ke puncak gunung. Angin ini biasanya terjadi pada siang hari. Angin lembah terjadi karena udara pada pegunungan lebih dulu mendingin di bandingkan dengan lembah sehingga perbedaan suhu akan mendorong udara bergerak dari lembah menuju gunung

2.5.4 Angin muson

Angin muson atau angin monsoon atau angin moonsun yaitu angin yang hembusannya secara periodik yakni minimal 3 bulan dengan masing-masing periode dengan yang lain akan mempunyai pola yang berlawanan yang berganti arah secara berlawanan disetiap setengah tahunnya. Seringkali di 6 bulan pertama tiupan angin darat yang kering dan setengah tahun kemudian tiupan angin laut yang basah. Di bulan Oktober sampai April, matahari di langit Selatan, sehingga benua Australia lebih sering mendapat panas matahari dari benua Asia. Mengakibatkan di Australia ada pusat tekanan udara rendah atau depresi sedangkan di Asia ada pusat-pusat tekanan udara tinggi atau kompresi. Keadaan ini membuat arus angin dari benua Asia ke benua Australia.

Pada negara Indonesia adalah angin musim Timur Laut di belahan bumi Utara dan angin musim Barat di belahan bumi selatan. Oleh sebab itu angin ini melalui Samudra Pasifik dan Samudra Hindia sehingga banyak mengangkut uap air, sehingga di Indonesia terjadi musim penghujan.

Musim penghujan mencakup semua wilayah di Indonesia, namun saja persebarannya tidak merata, semakin ke timur curahnya semakin berkurang karena uap air yang terkandung semakin sedikit, di bulan April sampai Oktober, matahari terletak di langit utara, sehingga benua Asia lebih panas dari benua Australia. Mengakibatkan di Asia ada pusat-pusat tekanan udara rendah, sedangkan di Australia ada pusat-pusat tekanan udara yang tinggi yang membuat terjadinya angin dari Australia mengarah ke Asia.

Angin muson atau musim, di Indonesia terdapat 2 jenis angin muson, yakni angin muson barat dan angin muson timur.

1. Angin Muson barat

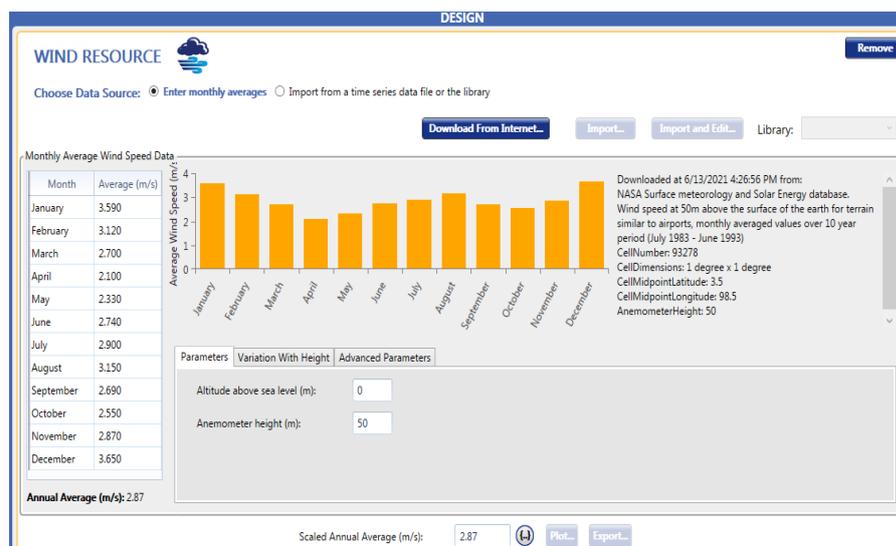
Angin muson barat berembus dari Benua Asia menuju Benua Australia, yang berembus pada bulan Oktober-April yang menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan. Hal ini terjadi dikarenakan angin melewati perairan dan samurda yang luas.

2. Angin muson Timur

Angin muson timur berembus dari Benua Asia menuju Benua Asia, yang berembus pada bulan April-Oktober dan menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau. Angin ini mengandung curah hujan yang sedikit pada bagian Indonesia Timur disebabkan angin melalui gurun yang luas dan celah-celah yang sempit menjadikan di bulan Juni, Juli dan Agustus Indonesia mengalami kemarau.

2.6 Potensi Energi Angin

Energi angin pada paluh sibaji pesisir pantai labu memiliki kecepatan angin yang cukup baik saat di lakukan survey lokasi. Potensi energi angin pada pesisir pantai labu kecamatan paluh sibajisecara data dapat di lihat dari table kecepatan angin yang di ambil dari software homer berdasarkan data rata rata kecepatan angin di daerah tersebut selama 30 tahun yang di akses melalui NASA. Kecepatan angin rata rata pada pesisir pantai labu dengan ketinggian 10 meter adalah 2,83 m/s.



Gambar 2.12 Table Kecepatan Angin Setiap Bulan Paluh Sibaji

Berdasarkan tabel kecepatan angin pada paluh sibaji di atas dapat di lihat kecepatan angin rata rata pada daerah tersebut sebesar 2,83 m/s sehingga untuk menentukan kelayakan daerah berdasarkan kecepatan angin.

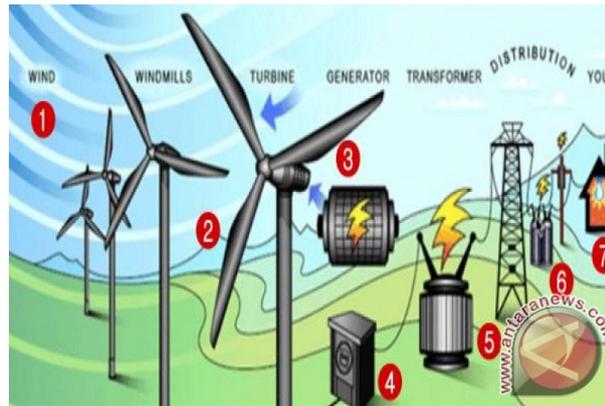
Tabel 2.1 Potensi angin berdasarkan kecepatan (Habibie et al., 2011)

Tabel Kondisi Angin		
Kelas Angin	Kecepatan Angin (m/s)	Kondisi Alam di Daratan
1	0,3 – 1,5	Angin Tenang Asap Lurus Ke atas.
2	1,6 – 3,3	Asap Bergerak mengikuti Arah Angin.
3	3,4 – 5,4	Wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak.
4	5,5 – 7,9	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang Ranting.
5	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar.
6	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plampung berombak kecil.
7	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga.
8	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin.
9	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh.
10	24,5 <	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan.

Kecepatan yang optimal untuk di jadikan penggerak mula pada pembangkit listrik tenaga bayu di mulai dari kelas 2 hingga kelas 8.

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit listrik tenaga bayu merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan kecepatan angin untuk menggerakkan turbin dan generator. Angin pada PLTB berperan sebagai penggerak mula yang memutar turbin untuk memutar generator. Kecepatan angin yang menabrak sudu dari turbin angin menyebabkan turbin bergerak. Turbin yang bergerak akan memutar generator kemudian generator akan menghasilkan listrik. Lihat gambar



Gambar 2.13 Sistem Kerja PLTB

Energi kinetik akibat kecepatan angin yang memutar sudu sudu turbin adalah perkalian laju aliran udara (m) dengan kecepatan angin pangkat dua atau dapat ditulis dengan persamaan (Abdullah & Nurdin, 2016)

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{-----} (6)$$

Dimana

E : Energi kinetic (joule)

m : masa udara (kg)

v : kecepatan angin (m/s)

Jika suatu blok udara atau sudu turbin mempunyai luas penampang A (m^2) dan bergerak dengan kecepatan V (m/s), maka jumlah massa udara yang mengalir tiap detik adalah: (Widyanto et al., 2018)

$$m = A \cdot V \cdot \rho \text{-----} (7)$$

dimana

m : massa udara yang mengalir (kg/s)

A : penampang (m^2)

V : kecepatan angin (m/s)

ρ : kerapatan udara ($1,293 \text{ kg/m}^3$).

Dengan persamaan (1) dan (2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2} A \cdot \rho \cdot v^3 \text{-----} (8)$$

Dimana

P : daya per satuan waktu (watt)

A : luas penampang (m^2)

p : kerapatan udara (kg/m^3)

v : kecepatan angin (m/s)

Untuk mendapatkan daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan dari suatu kincir adalah :

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \text{ ----- (9)}$$

Dimana

E_a : daya efektif yang di hasilkan kincir (watt)

C : konstanta Betz konstanta harganya $16/27$ (= 59,3%)

A : luas sapuan turbin (m^2)

V : kecepatan angin (m/s)

2.8 Jenis Jenis Turbin

Turbin merupakan penggerak mula dalam sebuah pembangkit energi listrik yang memanfaatkan laju kecepatan seperti angin, air serta uap untuk menekan sudu pada turbin. Turbin memiliki jenis seperti turbin angin, turbin air, dan turbin uap. Turbin pada pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan turbin angin yang di desain dapat berputar ketika di terpa angin.

2.8.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah angin. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan

agar mereka tetap sejalan dengan angin.(Wikipedia,2021). Contoh turbin angin jenis TASH di Indonesia tepatnya pada pembangkit listrik tenaga bayu Sidereng Rappang (SIDRAP) di bawah ini



Gambar 2.14 Turbin Angin Sumbuh Horizontal

Kelebihan dan kekurangan dari jenis turbin TASH dapat dilihat dari table di bawah:

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Turbin TASH

Kelebihan	Kekurangan
<p>Tinggi memperbolehkan akses ke angin yang lebih kuat. Di sejumlah lokasi geseran angin setiap sepuluh meter ke atas meningkatkan kecepatan angin sebesar 20 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Biaya investasi sangat mahal - TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil - Turbin Angin yang harus menggunakan perangkat tambahan untuk menggerakkan bilah turbin - Dapat mengganggu jalur penerbangan karena ketinggian yang mencapai 80 m

2.8.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. TASV mampu menggunakan angin dari berbagai arah. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya) yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan objek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal. Turbin angin jenis vertikal dapat di lihat pada gambar di bawah.



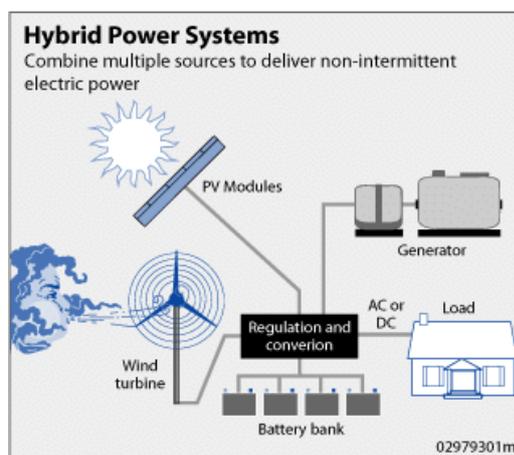
Gambar 2.15 Turbin Angin Sumbuh Vertikal

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan Turbin angin TASV

Kelebihan	Kekurangan
Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.	Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena drag tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
Karena bilah-bilah rotornya vertikal, tidak dibutuhkan mekanisme yaw.	TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.	TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
TASV yang ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit),	Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.

2.9 Pembangkit Listrik Hibrida (PLH)

Pembangkit listrik tenaga hibrida merupakan gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik yaitu pembangkit listrik berbasis energi terbarukan maupun pembangkit konvensional yang menggunakan energi fosil. Sistem pembangkit yang biasanya digunakan untuk PLTH yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Kedua jenis pembangkit ini dioperasikan bersamaan dan dihubungkan pada satu rel/busbar untuk memikul beban (Hayu & Siregar, 2018) seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.16 Pembangkit Listrik Hibrida

seiring dengan berkembang pesat populasi manusia, listrik yang dibutuhkan semakin besar dan berakibat penggunaan sumber daya alam akan semakin meningkat seperti minyak bumi, gas alam maupun batu bara. Pembangkit Listrik Hibrida yang paling mudah dikembangkan adalah dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dikarenakan kedua pembangkit ini mudah dikembangkan dan perawatannya mudah.(Samas et al., 2015)



Gambar 2.17 Pembangkit listrik hibrida bayu surya

2.10 HOMER (*Hibrida Optimazation Model For Electric Renewables*)

HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membantu permodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik mandiri maupun tersambung ke sistem yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, *mikrohidro*, *photovoltaic*, *biomass* dll.

Dalam banyak penelitian baik dari akademisi maupun praktisi penggiat energi terutama energi terbarukan software HOMER merupakan alat yang sangat membantu dalam proses pemodelan sistem energi terbarukan. Tingkat sensitifitas HOMER sangat tinggi sehingga sangat baik dalam mendesain ataupun menganalisa kelayakan sebuah pembangkit listrik dengan mempertimbangkan daya keluaran, biaya produksi energi, waktu pengembalian modal dalam investasi, limbah yang di hasilkan dari pembangkit diesel dan banyak lagi.

HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan *energi balace* untuk setiap 8,760 jam dalam setahun. HOMER juga dapat menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama pengoperasiannya (*life cycle cost*) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen, biaya operasional dan perawatan, serta biaya bahan bakar dll (Kusnaifi, 2015). Ekonomi memegang peranan penting dalam proses simulasi HOMER, dimana dalam proses pengoperasian Net Present Cost (NPC) terendah. Sumber energi tak terbarukan dan sumber energi terbarukan memiliki karakteristik biaya yang berbeda. Sumber energi terbarukan memiliki biaya modal yang tinggi dan biaya operasi yang rendah, sedangkan sumber energi tak terbarukan konvensional memiliki biaya modal yang rendah dan biaya operasi yang tinggi. Dalam proses optimasi ini akan diperhitungkan semua biaya termasuk biaya siklus hidup peralatan dan

2.10.1 Total Net Present Cost (NPC)

Total *net present cost* (NPC) adalah nilai dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama masa pakai, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan diperoleh selama masa pakai. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O & M, biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Sedangkan yang termasuk pendapatan adalah nilai sisa dan pendapatan dari penjualan daya ke jaringan listrik. Untuk mencari NPC dapat di hitung dengan persamaan

$$C_{npc} = \frac{c_{total}}{CRF(i,R)} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana C_{total} = Total biaya tahunan

CRF = factor pemulihan modal

i = suku bunga

R = Umur proyek

2.10.2 Total annualized cost (Cann,tot)

Total *annualized cost* merupakan penjumlahan dari semua biaya-biaya tahunan dari masing-masing komponen sistem, ditambah dengan biaya-biaya tahunan lainnya. Hal ini perlu dilakukan dikarenakan HOMER menggunakan nilai ini untuk menghitung biaya *cost of energi* (COE) dan *net present cost* (NPC).

2.10.3 Annualized capital cost

HOMER memperhitungkan modal awal setiapkomponen selama masa proyek untuk menghitung biaya modal tahunan perusahaan. HOMER menghitung biaya modal tahunan setiap komponen menggunakan persamaan berikut:

$$C_{\text{acap}} = C_{\text{cap}} \cdot C_{\text{RF}}(i, R) \dots\dots\dots(11)$$

Dimana =

C_{acap} = Biaya modal awal

C_{RF} = pemulihan modal

i = tingkat suku bunga

R = umur proyek`

2.10.4 Annualized replacement cost

Annualized replacement cost merupakan nilai tahunan dari semua biaya penggantian yang terjadi selama masa pakai dari sistem dikurangi nilai sisa pada akhir masa proyek. Nilai annual replacement cost dapat di ketahui dengan persamaan

$$C_{\text{arep}} = C_{\text{rep}} \cdot f_{\text{rep}} \cdot \text{SFF}(i, R) - S \cdot \text{SSF}(i, R) \dots\dots\dots(12)$$

Dimana

f_{rep} = Faktor yang di timbulkan akibat masa pakai komponen

R = biaya selama penggantian

2.10.5 Capital recovery factor

Capital recovery factor merupakan rasio yang digunakan untuk menghitung nilai saat ini dari suatu anuitas (serangkaian besaran arus kas tahunan).Tingkat bunga yang menjadi masukan di HOMER adalah tingkat bunga tahunan riil (disebut juga tingkat bunga riil atau hanya suku bunga). Ini adalah tingkat diskon yang digunakan untuk mengkonversi antara biaya satu waktu dan biaya tahunan.

Persamaan capital recovery factor adalah:

$$\text{CRF}(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana

N = jumlah tahun

i = suku Bungan rill (%)

2.10.6 Biaya operasi dan perawatan (O&M cost)

Biaya operasi dan perawatan (O&M cost) Biaya operasi dan pemeliharaan tetap sistem adalah biaya tahunan yang terjadi sesuai dengan ukuran atau konfigurasi sistem pembangkit biaya ini digunakan untuk menghitung biaya modal tahunan lainnya, yang juga mempengaruhi total biaya bersih sekarang dari tiap sistem. Sedangkan biaya O&M lainnya adalah jumlah dari biaya tetap O&M sistem, pinalti untuk kekurangan kapasitas dan pinalti untuk emisi. HOMER menggunakan persamaan berikut untuk menghitung biaya O&M:

$$C_{om} = C_{om, fixed} + C_{e3} + C_{emisi} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana

C_{om} = biaya operasi perawatan (Rp/Tahun)

$C_{om, fixed}$ = biaya tetap operasi & perawatan sistem (Rp/Tahun)

C_{e3} = penalty untuk kekurangan kapasitas (Rp/Tahun)

C_{emisi} = denda emisi (Rp/Tahun)

2.10.7 Biaya bahan bakar generator

Biaya bahan bakar generator HOMER menghitung biaya bahan bakar tahunan generator dengan mengalikan harga bahan bakar dengan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh generator dalam setahun. Jika generator menggunakan biogas, sebagai salah satu bahan bakarnya bersamaan dengan bahan bakar lainnya, maka Homer juga memasukkan biaya biomasa kedalam biaya bahan bakar generator. Biaya biomasa adalah sama dengan jumlah bahan bakar biomasa yang dikonsumsi selama setahun dikalikan dengan harga biomasa tersebut. Umur proyek adalah jangka waktu dimana biaya sistem terjadi. Homer menggunakan umur hidup proyek untuk menghitung biaya penggantian, biaya modal tahunan dari masing-masing komponen, serta total biaya bersih sekarang dari sistem

2.10.8 Levelized cost of energi (LCOE)

Levelize *Cost of energi* di definisikan sebagai biaya rata rata per kWh produksi energi listrik yang terpakai oleh sistem LCOE LCOE dihitung dengan persamaan berikut:

$$LCOE = \frac{C_{ann, tot} - C_{boiler} - C_{Thermal}}{E_{prim, AC} + E_{prim, DC} + E_{def} + E_{gridsales}} \dots \dots \dots (15)$$

Dimana

$C_{ann,tot}$ = biaya total sistem tahunan (Rp/Tahun)

C_{boiler} = marjin biaya boiler (Rp/kWh)

$E_{thermal}$ = total beban thermal (kWh/Tahun)

$E_{prim AC}$ = beban AC utama (kWh/Tahun)

$E_{prim DC}$ = beban DC utama terpenuhi (kWh/Tahun)

E_{def} = beban deferrable yang terpenuhi (kWh/Tahun)

$E_{gridsales}$ = total penjualan jaringan listrik (kWh/Tahun)

2.11 MPPT

MPPT adalah sebuah metode untuk mendapatkan daya maksimum dari sebuah sumber energi (energi matahari, angin, maupun yang lain) pada berbagai kondisi lingkungan dan kondisi beban. MPPT bertugas untuk menurunkan tegangan sistem untuk mengoptimalkan proses konversi energi baik dari energi angin maupun surya. MPPT bekerja pada sistem dengan batas maksimum arus yang mengalir. Untuk mengetahui kemampuan MPPT ntuk di aliri arus dalam sebuah sistem dapat di gunakan persamaan

$$I_{mppt} = \frac{\text{daya sistem (watt)}}{\text{tegangan sistem (voltage)}} \text{-----} (16)$$

Dimana I_{mppt} : Arus maksimal yang dapat di lalui MPPT

Daya sistem : Besar daya pada sistem

Tegangan sistem : Besar tegangan pada sistem

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian ini di laksanakan pada pesisir pantai labu tepatnya di kelurahan Paluh Sebaji, Kecamatan Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu 5 bulan di mulai dari persetujuan proposal hingga selesai penelitian, terhitung dari tanggal 08 January 2021 sampai 08 Agustus 2021. Penelitian diawali dengan studi pustaka, penentuan lokasi penelitian, penyusunan proposal penelitian, penyusunan bab 1, 2 dan 3, pengumpulan data kecepatan angin dan radiasi matahari, seminar proposal, desain pembangkit listrik tenaga hibrida, analisa perhitungan potensi lokasi penelitian, analisa perkiraan biaya produksi energi menggunakan software HOMER, membandingkan biaya produksi energi dengan tariff dasar listrik PLN, kesimpulan dan saran.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Kajian literature								
2.	Penentuan lokasi penelitian dan survey lapangan								
3.	Penyusunan proposal penelitian								
4.	Penulisan bab 1,2 dan 3								
5.	pengumpulan data kecepatan angin dan radiasi matahari								
6.	Seminar proposal								
7.	desain pembangkit listrik tenaga hibrida								
8.	Analisa data								
9.	Seminar hasil penelitian								
10.	Sidang akhir								

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data observasi dan data sheet statistik sehingga tidak membutuhkan bahan secara spesifik, adapun kebutuhan alat dan bahan dalam penelitian ini yaitu :

3.2.1 Alat

1. Computer

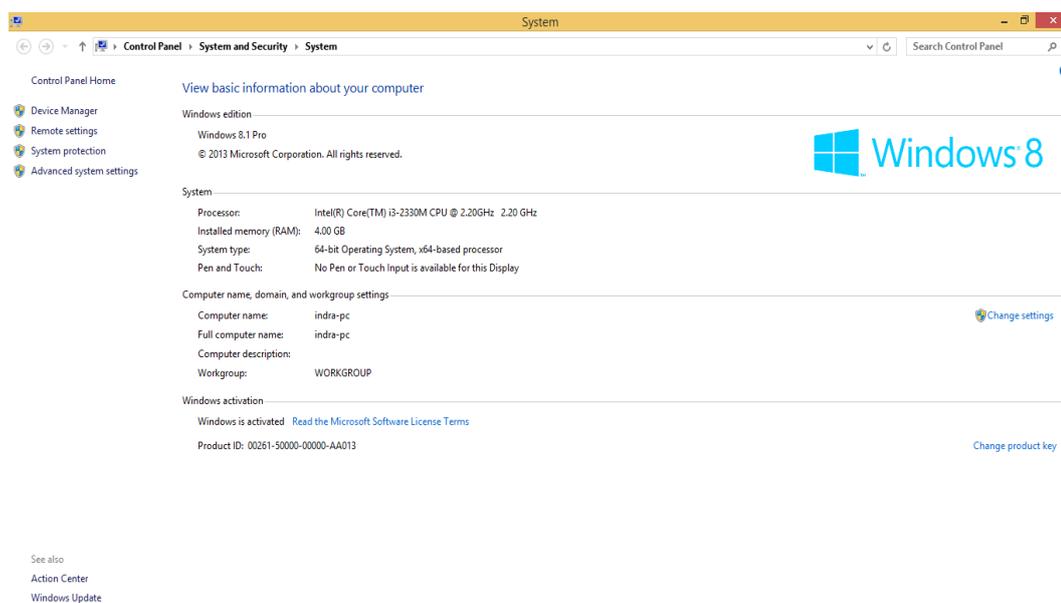
Computer atau laptop merupakan *hardware* dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai alat mendesain pembangkit listrik tenaga hibrida sekaligus penulisan penelitian ini. Computer yang di gunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Processor : intel ® core ™ i3 – 2330 CPU @ 2.20 GHz

Installed Memory : 4.00 GB

Sistem Type : 64 – bit

Windows : 8.1 pro

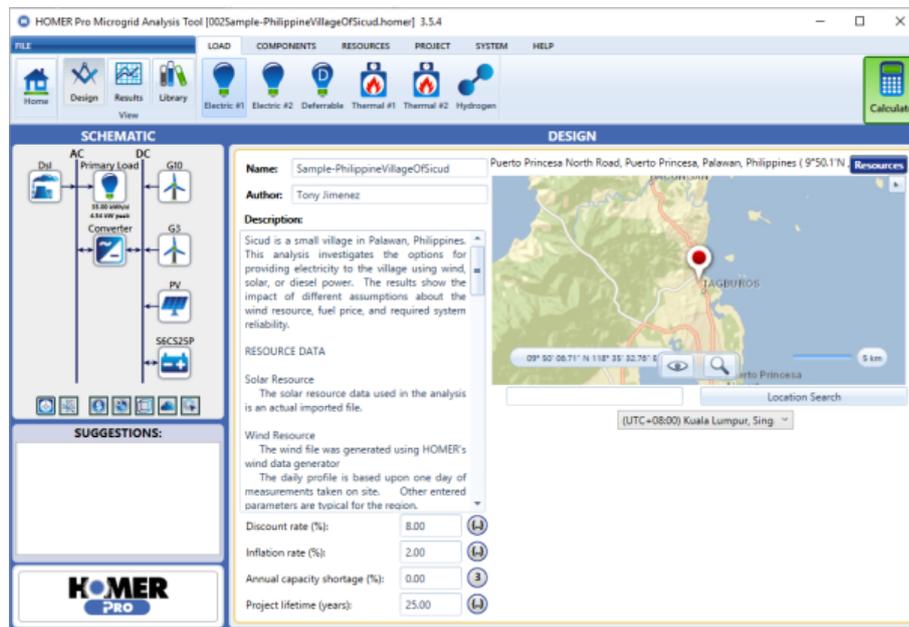


Gambar 3.1 spesifikasi computer

2. Software HOMER

Software HOMER dalam penelitian ini berfungsi sebagai analisa ekonomi untuk mencari nilai produksi listrik setiap kWh listrik dari desain pembangkit

listrik tenaga hibrida. Software homer yang di gunakan dalam penelitian ini menggunakan software homer versi 3.11.2



Gambar 3.2 Tampilan HOMER

3. Software Autocad

Software Autocad dalam penelitian ini berfungsi sebagai software desain luas daerah pv array dan *wind turbine* pada lokasi penelitian untuk estimasi jumlah turbin angin.



Gambar 3.3 Autocad 2012

3.2.2 Bahan

1. Panel surya

Panel surya merupakan modul yang di gunakan untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan data sheet dari panel surya dengan kapasitas 330 wp.



Gambar 3.4 Solar Panel

2. Turbin angin

Turbin angin (*wind turbine*) merupakan alat yang di gunakan untuk merubah energi angin menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan data sheet dari turbin angin tipe vertikal dengan mempertimbangkan kecepatan angin pada daerah penelitian.



Gambar 3.5 Turbin Angin Vertikal

3. Inverter

Inverter hibrida berfungsi untuk merubah arus DC menjadi arus AC pada dua atau lebih sistem pembangkit. Kapasitas inverter yang di gunakan dalam

penelitian ini di tentukan berdasarkan daya keluaran dari hibrida sistem pada penelitian.



Gambar 3.6 Inverter

3.3 Prosedur Penelitian

Penyusunan penelitian ini peneliti menggunakan 2 tahap dalam penelitian ini memiliki 2 yaitu :

3.3.1 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini memiliki tahapan yaitu :

1. Menentukan daerah dengan potensi angin dan surya tinggi serta memiliki ekonomi yang baik.
2. Menentukan titik lokasi dan ukuran daerah yang akan di jadikan lokasi penelitian.
3. Pengambilan data kecepatan angin dan radiasi matahari berdasarkan data NASA yang di unduh dari software HOMER.

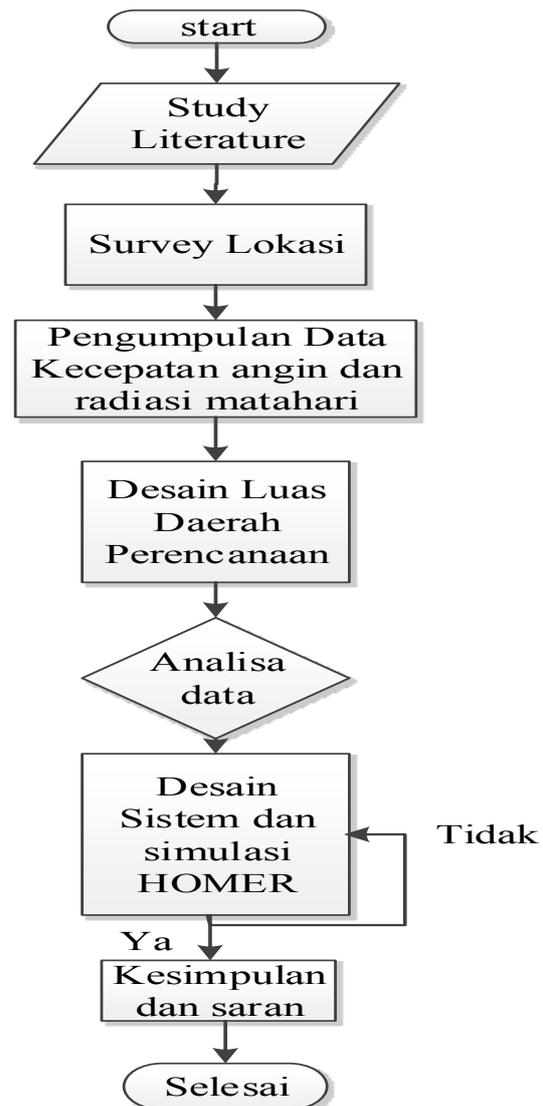
3.3.2 Metode pengolahan data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini memiliki tahapan yaitu :

1. Membuat desain luas lokasi perencanaan PLTS dan PLTB berdasarkan luas yang telah di tentukan dengan software AUTOCAD

2. Menentukan luas daerah yang akan di alokasikan menjadi PLTS.
3. Menghitung daya keluaran yang dapat di hasilkan dari sistem PLTS berdasarkan persamaan 4
4. Menghitung jumlah panel surya yang di gunakan.
5. Menentukn luas daerah yang akan di alokasikan menjadi PLTB.
6. Menghitung daya keluaran yang dapat di hasilkan dari sistem PLTB berdasarkan persamaan 9
7. Mendesain sistem Hibrida menggunakan software HOMER
8. Menghitung besarnya biaya energi (*cost of energi*) menggunakan software HOMER untuk mengetahui biaya produksi per kWh listrik.
9. Membandingkan biaya produksi pembangkit listrik tenaga hibrida dengan harga jual kepada perusahaan listrik Negara.
10. Memberikan kesimpulan dan saran

3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.7 Flow chart penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari

Tabel 4.1 Kecepatan angin paluh sibaji kecamatan pantai labu yang diambil dari NASA

Bulan	Kecepatan angin (m/s)
Januari	3.59
Februari	3.12
Maret	2.70
April	2.10
Mei	2.33
Juni	2.74
Juli	2.90
Agustus	2.15
September	2.69
Oktober	2.55
November	2.87
Desember	3.65
Rata rata	2,83

Berdasarkan data kecepatan angin di ketahui kecepatan angin tertinggi berada pada bulan Desember dengan kecepatan 3,65 m/s dan kecepatan angin terendah berada pada bulan April dengan kecepatan angin 2,10 m/s dan kecepatan angin rata rata setiap bulannya adalah sebesar 2.87 m/s

Tabel 4.2 Radiasi matahari paluh sibaji kecamatan pantai labu yang diambil dari NASA

Bulan	radiasi matahari (kWh/m ² /day)
Januari	4.49
Februari	4.99
Maret	5.02
April	4.87
Mei	4.77
Juni	4.71
Juli	4.56
Agustus	4.52
September	4.27
Oktober	4.28
November	4.08
Desember	4.13
Rata rata	4.56

Berdasarkan data radiasi matahari di ketahui radiasi tertinggi berada pada bulan Maret dengan radiasi $5,02 \text{ w/m}^2$ dan radiasi matahari terendah berada pada bulan November dengan radiasi $4,08 \text{ w/m}^2$ dan radiasi matahari rata rata seetiap bulannya adalah sebesar $4,56 \text{ w/m}^2$.

4.2 Menentukan Luas Daerah Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Berdasarkan penentuan alokasi luas daerah yang di gunakan pada bab 1 seluas 100.000m^2 serta mempertimbangkan proses perawatan maka di dapat luas daerah yang di gunakan seperti pada lampiran . Dari gambar pada lampiran pengalokasian pembangkit listrik tenaga hibrida dengan luas daerah yang di gunakan 100.000 m^2 dengan dimensi $400 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ di tentukan pengalokasian PLTB dengan luas $200 \text{ m} \times 250 \text{ meter}$ memiliki 30 titik turbin angin dengan jarak antara titik sejauh 40 m dan juga pengalokasian luas wilayah untuk sistem PLTS dengan luas $200 \text{ m} \times 250 \text{ meter}$ di dapat 30 grup dengan jarak antara grup sejauh 3 meter , masing masing grup berukuran $5 \text{ m} \times 174 \text{ m}$.

4.3 Daya Keluaran dari sistem PLTB

Sistem PLTB yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut

Tabel 4.3 Spesifikasi turbin angin

Tipe turbin	sumbuh vertical
Merek turbin	AELOS – V
Daya keluaran maksimal	1500 watt
Kecepatan angin minimal	2.0 m/s
Kecepatan angin terbaik	10 m/s
Kecepatan angin maksimal	50 m/s
Efisiensi generator	98%
Kebisingan	< 45 Db
Tinggi rotor	2.8 m
Lebar rotor	2 m
Berat turbin	78 kg
Material baling baling	aluminium alloy
Jumlah baling baling	3 buah

Daya efektif bulanan yang dapat di dihasilkan dari sistem PLTB berdasarkan data kecepatan angin NASA dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan 9 yaitu:

Bulan Januari

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,59^3 \\ &= 62,4 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Februari

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,12^3 \\ &= 41,1 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Maret

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,70^3 \\ &= 26,6 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan April

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,10^3 \\ &= 12,5 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Mei

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,33^3 \\ &= 17,1 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Juni

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,74^3 \\ &= 27,7 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Juli

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,90^3 \end{aligned}$$

$$= 32,92 \text{ watt}$$

Bulan Agustus

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,15^3 \\ &= 42,19 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan September

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,69^3 \\ &= 26,28 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Oktober

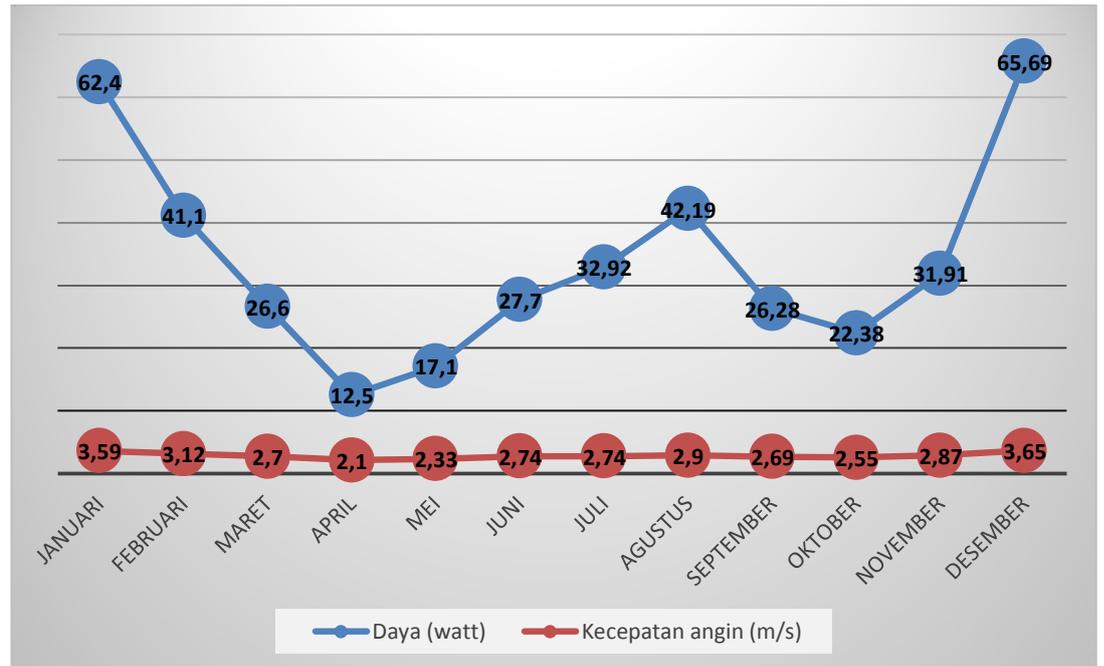
$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,55^3 \\ &= 22,38 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan November

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,87^3 \\ &= 31,91 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Desember

$$\begin{aligned} \text{Ea} &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,65^3 \\ &= 65,65 \text{ watt} \end{aligned}$$



Grafik 4.1 Grafik Daya setiap bulan sistem PLTB

Berdasarkan data di atas di dapat potensi kecepatan angin rata rata pada daerah penelitian yang dapat di dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik sebesar 2,83 m/s sehingga daya efektif rata rata yang dapat di bangkitkan dari sistem PLTB dalam 1 turbin adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Pout rata rata} &= \frac{p \text{ total}}{\text{jumlah}} \\
 &= \frac{408,77}{12} \\
 &= 34,06 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah turbin angin yang di gunakan pada lahan seluas 50.000 m² berjumlah 30 buah sehingga

$$\begin{aligned}
 \text{Daya total} &= \text{daya turbin} \times \text{jumlah turbin} \\
 &= 34,06 \times 30 \\
 &= 1.021,93 \text{ watt hours} \\
 &= 1,022 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

4.4 Daya keluaran sistem PLTS

Dalam penelitian ini di gunakan panel surya pada sistem PLTS dengan spesifikasi pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.4 Spesifikasi panel surya Canadian 330 wp

MAXPOWER	
C SI Model Number	CS6U-330P
STC Rating	330.0 Watt
PTC Rating	301.1
Efficiency	16.97%
Open Circuit Voltage (Voc)	45.6 v
Short Circuit Current (Isc)	9,45 A
Frame Colour	Silver
Power Tolerance	0/+5 Watt
Weight (lbs)	49.4
Length(inch)	78.7
Width (inch)	39.1
Height	1.57
Type cell	Polly cristaline

Berdasarkan data potensi radiasi matahari yang di ambil dari NASA, kemampuan radiasi matahari yang telah di konversi menjadi tenaga listrik serta dengan menggunakan panel surya dengan spesifikasi seperti pada tabel 4.3 maka besarnya daya listrik yang dapat di hasilkan perjam dalam setiniap bulannya dari sistem PLTS ini adalah

Bulan Januari

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r \cdot A \cdot E_i \cdot E_p \\
 &= 4,49 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 36.573,7 \text{ w} = 36,6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Bulan Februari

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r \cdot A \cdot E_i \cdot E_p \\
 &= 4,99 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 40.646,544 = 40,7 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Bulan Maret

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r \cdot A \cdot E_i \cdot E_p \\
 &= 5,02 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 40.890,912 = 40,9 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Bulan April

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r \cdot A \cdot E_i \cdot E_p \\
 &= 4,87 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 39.669,07 = 39,5 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Bulan Mei

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,77 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 38.854,512 = 38,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan Juni

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,71 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 38.365,776 = 38,4 \text{ k} \end{aligned}$$

Bulan Juli

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,56 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 37.143,936 = 31,15 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan Agustus

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,52 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 36.818,112 = 36,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan September

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,27 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 34.781,712 = 34,79 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan Oktober

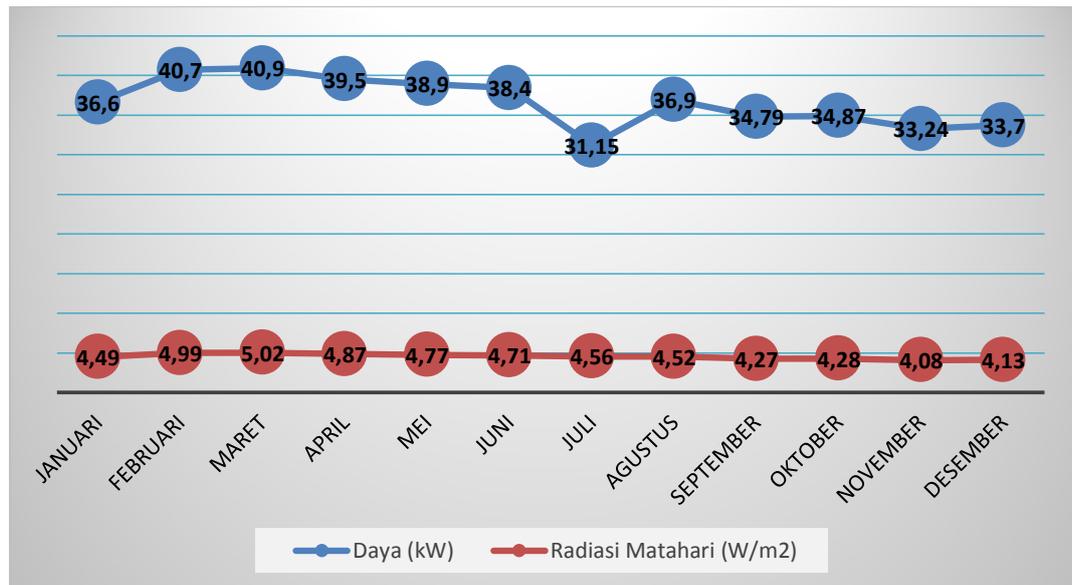
$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,28 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 34.863,168 = 34,87 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan November

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,08 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 33.234,048 = 33,24 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bulan Desember

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,13 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 33.641,328 = 33,7 \text{ kW} \end{aligned}$$



Grafik 4.2 Daya setiap bulan sistem PLTS

Berdasarkan data perhitungan daya keluaran di atas dapat di tentukan daya rata rata dari sistem PLTS ialah

$$\begin{aligned}
 P_{\text{out rata rata}} &= \frac{p \text{ total}}{\text{jumlah}} \\
 &= \frac{439,65}{12} \\
 &= 36,638 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

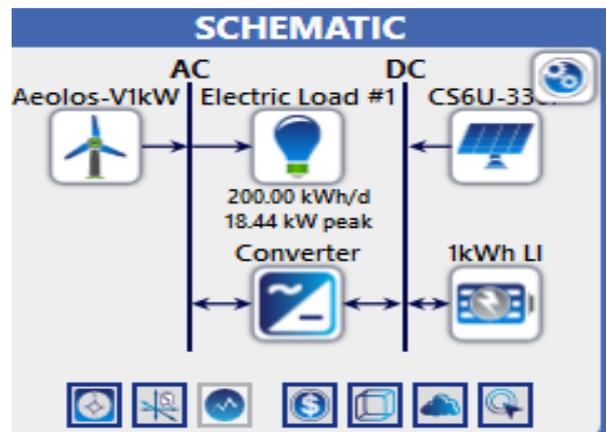
Banyaknya jumlah panel surya yang di gunakan dalam perencanaan sistem PLTS adala

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah panel} &= \frac{P \text{ watt peak}}{P_{\text{mpp}}} \\
 &= \frac{36.638}{330} \\
 &= 111,02 = 112 \text{ panel}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data perhitungan dari 2 jenis pembangkit di atas yaitu PLTB dan PLTS yang masing masing memiliki kapasitas terpasang 1,022 kW dan 36,638kW maka potensi besarnya daya yang dapat di dihasilkan dari pembangkit listrik Hibrida PLTB dan PLTS ini adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Daya total} &= \text{Daya PLTB} + \text{Daya PLTS} \\
 &= 1,022 + 36,638 \\
 &= 37,660 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.5 Desain Sistem Hibrid dengan HOMER



Gambar 4.1 Desain pembangkit Hibrida Dengan Homer

Parameter input dalam penelitian ini meliputi beban, converter, pv array, *wind turbine*, dan baterai. Parameter masukan ini dapat di lihat pada tabel di bawah

Tabel 4.5 Masukan parameter HOMER

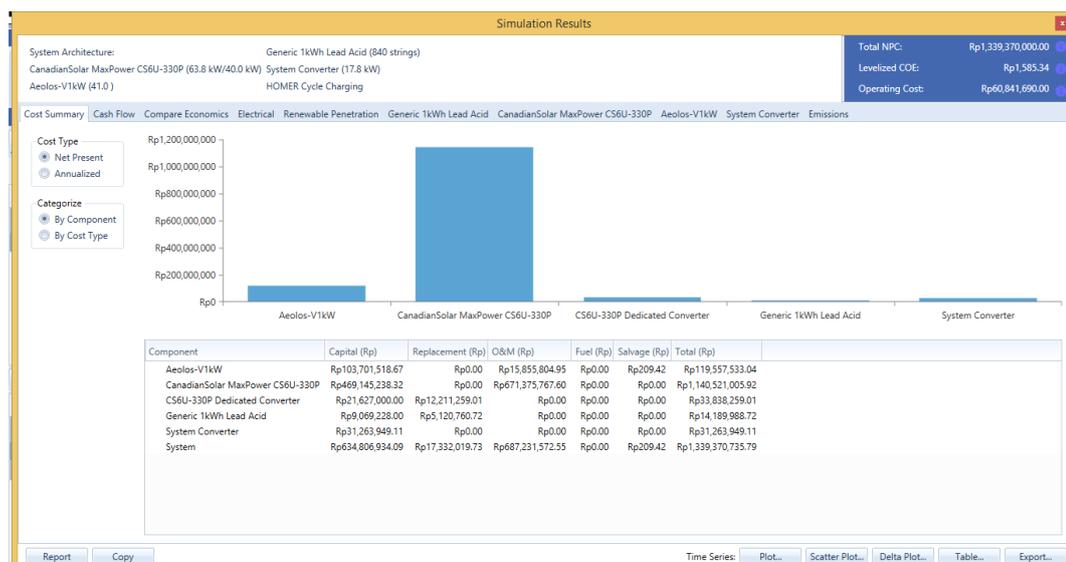
Input	Keterangan	Kapasitas Terpasang	Harga/unit (Rp)	Pengganti an	Masa Pakai	Operasi dan perawatan /Tahun/unit
Beban	Beban harian dalam penelitian	18,44 kW Peak		-	-	-
Panel Surya	CanadianSolar MaxPower CS6U-330 P	0,33 kW	2.427.626	-	25 Tahun	300.000
Turbin Angin	Aelos-V1Kw	1 kw	44.190500	-	20 Tahun	1.000.000
Tower Turbin	12 m	-	31.075.900	-		
converter	SIE G120X 3YE30 Frequenzumrichter SINAMICS G120X, 18,5 kW, 38 A	18,5 kW	32.436.211		20 Tahun	0
Stroge Sistem	Li-Ion 1 kW	200 kW	1.079.670	1.079.670	10 Tahun	-

4.6 Simulasi HOMER



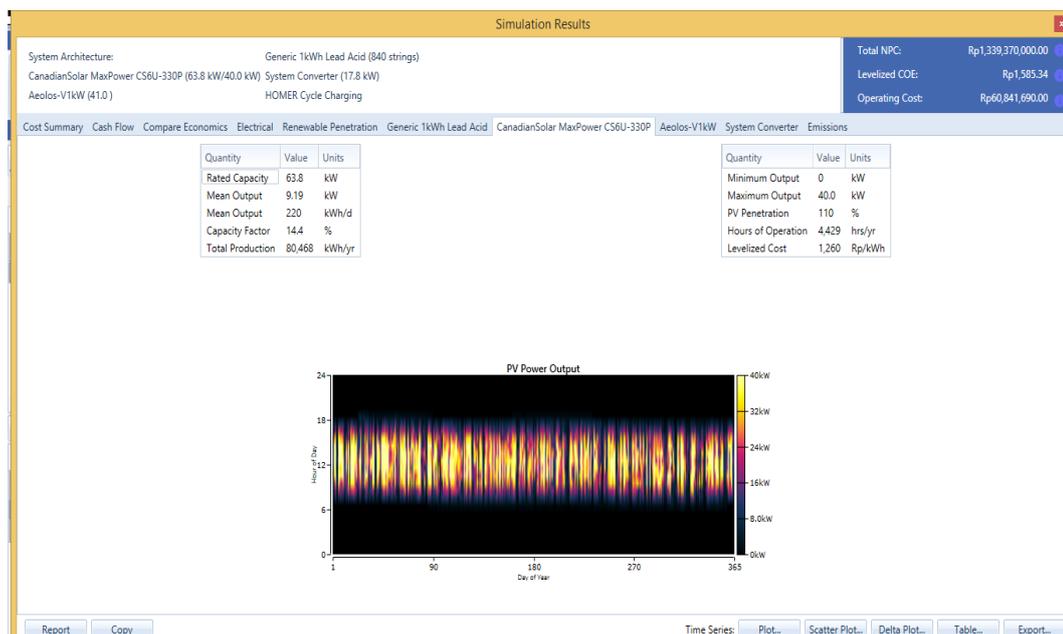
Gambar4.2 Simulasi Beban Harian Masukan

Beban dalam simulasi pada penelitian ini sebesar 18,44 kW pada saat beban puncak, penentuan besarnya daya beban pada simulasi ini di ambil berdasarkan setengah dari kemampuan daya yang dapat di hasilkan dari sistem PLTH berdasarkan analisis sebelumnya. Hal ini di lakukan untuk memperbesar ke handalan sistem pembangkit.



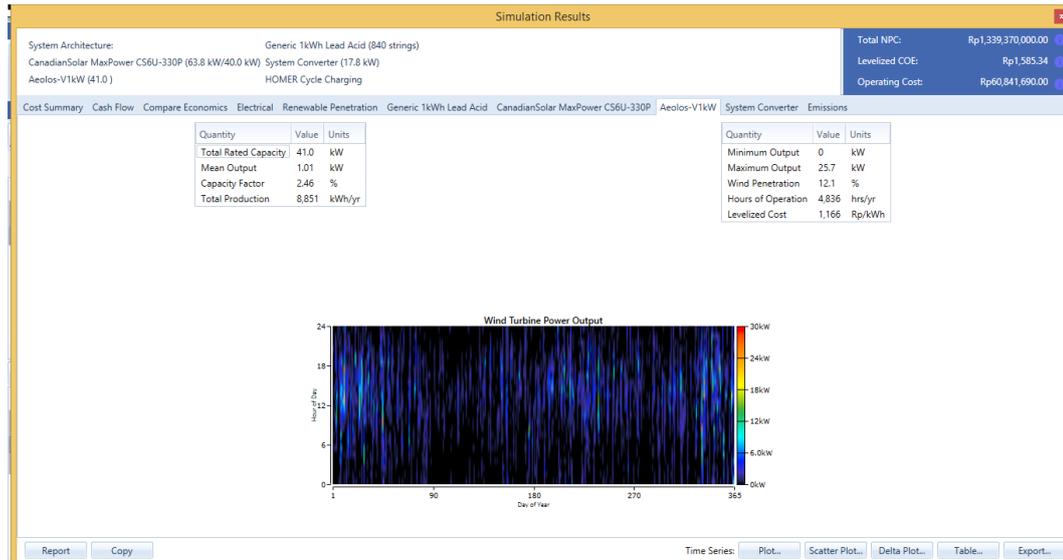
Gambar4.3 Hasil Simulasi Sistem Dengan Homer

Berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan software homer di dapat total nilai *cost of energi* atau biaya produksi per kWh listrik pada sistem ini sebesar Rp. 1.585,34 dengan Total modal awal dari simulasi PLTH ini sebesar Rp. 634.806.934,09 , biaya penggantian Rp. 17.332.019,73, biaya operasi dan perawatan Rp.687.231.572,55 dan juga nilai sisa dari pemakaian sistem yang belum berakhir sehingga nilai NPC (net present value) keseluruhan dari sistem ini adalah sebesar Rp. 1.339.370.000.



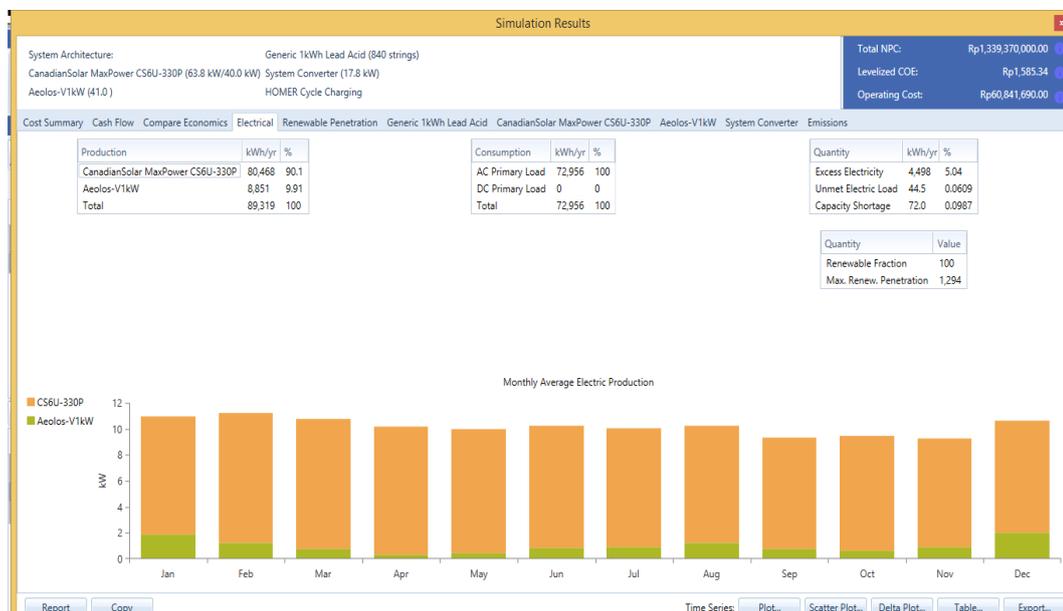
Gambar 4.4 Simulasi Produksi listrik Panel Surya

Berdasarkan simulasi homer total produksi energi listrik dari panel surya sebesar 80.468 kWh/ Tahun dengan rata rata produksi per jam sebesar 9,19 kWh serta produksi maksimal sebesar 40 kW/ jam. Tingkat Biaya produksi listrik pada sistem PLTS sebesar 1.260/kWh



Gambar 4.5 Simulasi produksi listrik Turbin Angin

Berdasarkan simulasi homer total produksi energi listrik dari turbin angin sebesar 8.851 kWh/ Tahun dengan rata rata produksi per jam sebesar 1,01 kWh serta produksi maksimal sebesar 25,7 kW/h. Tingkat Biaya produksi listrik pada sistem PLTB sebesar 1.166/kWh



Gambar 4.6 Simulasi Daya Keluaran Sistem Hibrida

Dari hasil simulasi ini di dapat total produksi listrik pada sistem ini sebesar 89.319 kWh/ Tahun dengan besar produksi listrik sistem pembangkit listrik tenaga surya

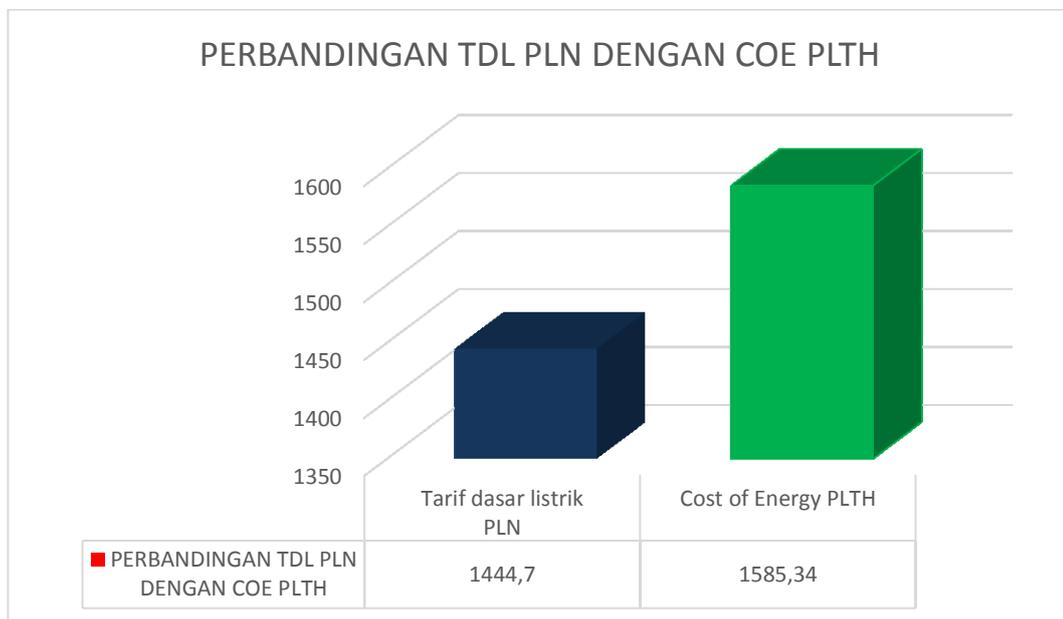
sebesar 80.468 kWh/Tahun dan sistem pembangkit listrik tenaga bayu sebesar 8.851 kWh/ Tahun dengan total konsumsi listrik sebesar 72.956 kWh/Tahun Berdasarkan data di atas di dapat hasil yang dapat di lihat pada tabel berikut

Tabel 4.6 Hasil Simulasi HOMER

No.	Beban puncak	Daya Panel Surya kW	Daya Turbin Angin	Biaya produksi Panel Surya Rp/kWh	Biaya produksi turbin angin Rp/kWh	Biaya produksi energi total Rp/kWh	NetPresent Cost Rp	Operation Cost	Kapital Rp
1.	18,44	63,8	41	1.260	1.166	1.585,34	1.339.370.000	687.231.572,55	634.806.934,09

4.7 Perbandingan Biaya Produksi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Berdasarkan hasil simulasi di dapatkan *Cost of energi* dari penelitian pembangkit listrik tenaga Hibrida yaitu Rp. 1.585,34/ kWh sedangkan tarif dasar penjualan listrik oleh PT. PLN terhadap masyarakat non subsidi sebesar Rp. 1.444,7 maka perbandingan antara biaya produksi pembangkit listrik tenaga hibrida terhadap tarif dasar listrik PT.PLN dapat di lihat pada tabel



Grafik 4.3 Perbandingan Tarif Dasar Listrik PT.PLN Dengan Biaya Produksi PLTH

Berdasarkan perbandingan pada grafik di atas dapat di simpulkan biaya produksi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu lebih mahal di bandingkan dengan tarif dasar listrik yang di tetapkan oleh PT.PLN dengan

perbandingan 1 : 1,09 dimana tarif dasar listrik PLN sebesar Rp.1.444,7 dan biaya produksi energi hibrida sebesar Rp.1.585,34 maka jika di lihat dari sisi ekonomi pesisir pantai labu belum potensial untuk di kembangkan menjadi daerah pembangkit listrik energi terbarukan. Faktor faktor yang mempengaruhi tingginya harga produksi listrik setiap kWh pada pesisir pantai labu yakni karena nilai investasi yang relatif mahal serta energi terbarukan terutama kecepatan angin yang rendah sehingga tingkat efisiensi pada turbin sangat rendah, namun jika di lihat dari sisi ketersediaan energi fosil serta keberlangsungan masa depan umat manusia maka lokasi pantai labu dapat lebih di pertimbangkan sebagai alternatif lokasi perencanaan pembangkit energi terbarukan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dengan judul analisis potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu menggunakan software HOMER di dapat kesimpulan

1. Energi listrik yang dapat di hasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida dengan memanfaatkan lahan sebesar 100.000 m² dapat menghasilkan listrik sebesar 37,660 kWh.
2. Biaya *cost of energi* dari pembangkit listrik tenaga hibrida sebesar Rp. 1.585,34/ kWh.
3. Perbandingan antara pembangkit hibrida dengan TDL PT.PLN sebesar 1,09 dengan harga TDL PLN Rp. 1.444,7/kWh dan biaya produksi energi hibrida sebesar Rp. 1.585,34.
4. Pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu memiliki potensi yang belum cukup baik untuk di kembangkan menjadi energi alternatif jika di lihat dari segi ekonomis namun jika di lihat dari kebermanfaatan energi hijau dalam jangka panjang pembangkit ini dapat lebih di pertimbangkan.

5.2 Saran

Pada penelitian yang telah di lakukan terdapat beberapa saran untuk penelitian ke depannya antara lain:

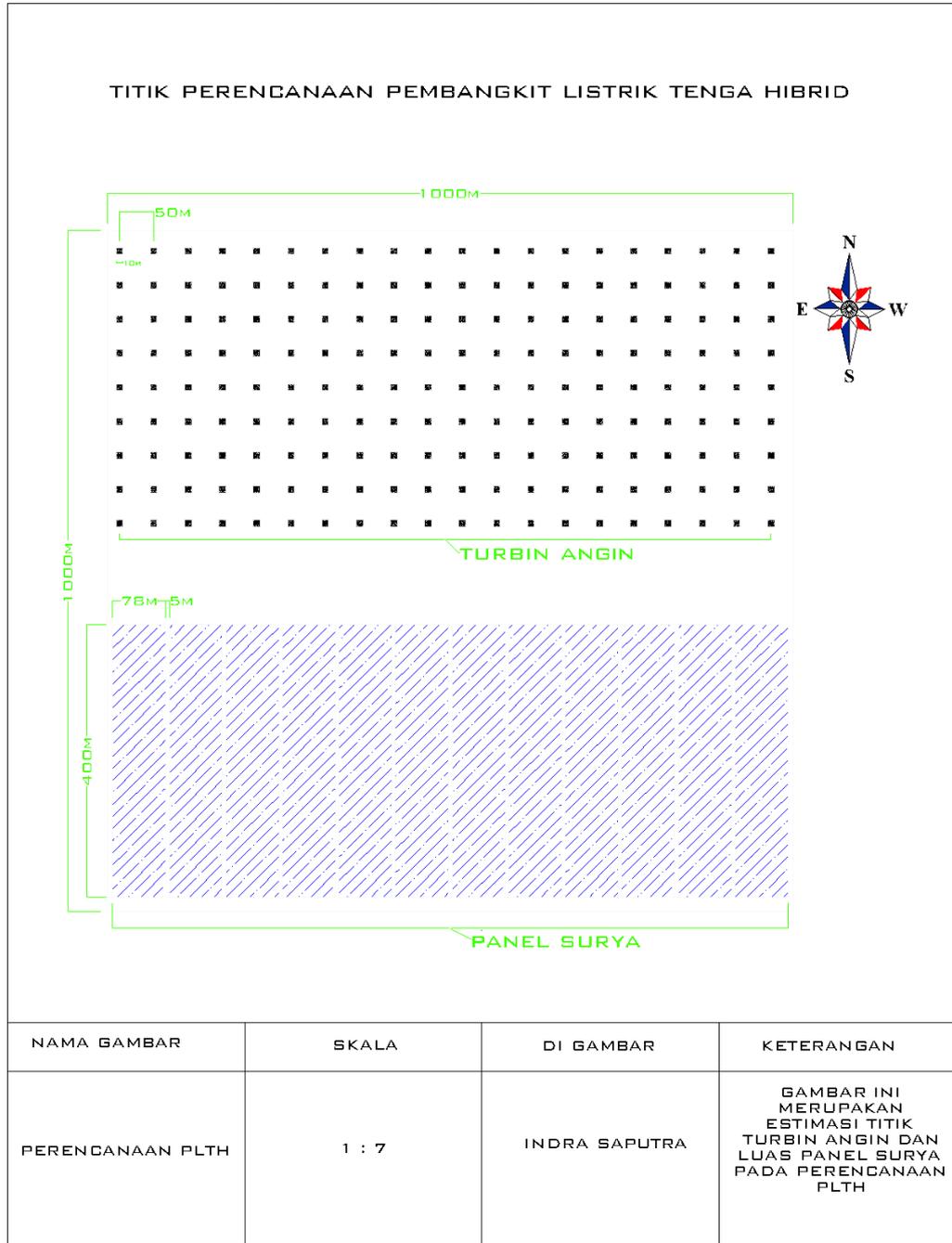
1. Dalam penelitian potensi energi terbarukan di harapkan data potensi energi di dapatkan melalui pengukuran secara langsung atau didapatkan melalui lembaga setempat yang terjamin.
2. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya penelitian ini dapat di jadikan rujukan serta dalam melakukan analisis potensi pembangkit listrik energi terbarukan peneliti selanjutnya juga memperhitungkan dampak pembangkit listrik terhadap lingkungan setempat .
3. Dalam penelitian yang serupa di harapkan penulis selanjutnya dapat menggunakan jenis turbin angin yang berbeda dengan tingkat efektifitas yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Abdullah, I., & Nurdin, J. (2016). Kajian Potensi Energi Angin Di Daerah Kawasan Pesisir Pantai Serdang Bedagai Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah*, 2(1), 31–38.
- Abubakar, A., Artikel, I., & Abubakar, A. (2017). *Penerapan Software Optimasi Homer untuk Menyelidiki Prospek Sistem Energi Terbarukan Hibrid di Perdesaan Komunitas Sokoto di Nigeria*. 7(2), 596–603.
- Artiningrum, T., Havianto, J., Lingkungan, S. T., Teknik, F., Mukti, U. W., Matahari, S., Listrik, P., & Surya, T. (2019). Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari (Improve The Role of Clean Energi Through The Utilization). *Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari (Improve The Role of Clean Energi Through The Utilization)*, 2(2), 100–115.
- Bachtiar, A., & Hayyatul, W. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 34–45. <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133706>
- Bahramara, S., & Moghaddam, M. P. (2016). *Tinjauan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan Perencanaan optimal sistem energi terbarukan hibrida menggunakan HOMER: Tinjauan*. 62, 609–620. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.039>
- Gomesh, N., Daut, I., Irwanto, M., & Fitra, M. (2013). *ScienceDirect Studi tentang Perspektif Malaysia terhadap Energi Terbarukan Terutama di Energi Matahari*. 36, 303–312. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.035>
- Habibie, M. N., Sasmito, A., & Kurniawan, R. (2011). Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 181–187. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.99>
- Harahap, P. (2020). *Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya*. 73–80.
- Hasibuan, A., Siregar, W. V., Setiawan, A., & Daud, M. (2021). *Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Penerangan Pada Perahu Nelayan*. 85–88.
- Hayu, T. S., & Siregar, R. H. (2018). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf

- Tiruan. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 3(1), 9–16.
- Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. *Transient*, 7(4), 875. <https://doi.org/10.14710/transient.7.4.875-882>
- Hutasuhut, A. A., & Chaniago, Y. (2018). *Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera*. 7, 481–485.
- Kusnaifi, 2015. (2015). Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hybrida di Provinsi Riau. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), 1689–1699. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf>
- Lubis, S., Lubis, F., & Harahap, P. (2019). PLTB Sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri*.
- Luque, A., & Hegedus, S. (n.d.). *Handbook of Photovoltaic Science*.
- Rimbawati, Zulkifli, Yusri, M., & Qamari, M. Al. (2021). *PENERAPAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA PADA OBJEK*. 4, 145–151.
- Samas, P., Isman, F. R., Rahmatika, A. R., P, B. C. S., Rahmadi, A., Putranto, G. E., & Isnanto, R. R. (2015). *Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik*. 1–3.
- Utara, S. (2005). *Pengkajian Potensi Energi Angin dengan Fungsi Distribusi Weibull sebagai Angin*. 1–5.
- Widyanto, S., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). *Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi*. 1–12.
- Wilayah, S., Dan, A., Septiadi, D., Nanlohy, P., Souissa, M., & Rumlawang, F. Y. (n.d.). *PROYEKSI POTENSI ENERGI SURYA SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN*. 22–28.

LAMPIRAN 1 Gambar perencanaan pembangkit listrik hibrida

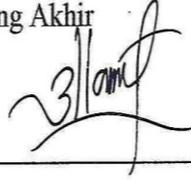


LAMPIRAN 2**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR****Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Pada Pesisir Pantai Labu Menggunakan Software Homer**

NAMA : INDRA SAPUTRA

NPM : 1707220052

Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Fitra Zambak, M.Sc

No.	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu/13-01-21	Perbaiki latar belakang lebih spesifik	
	Rabu /20-02-21	Rumusan masalah	
2.	Rabu/27-02-21	Lanjut bab 2	
3.	Jumat/04-02-21	Perbaiki tinjauan pustaka relevan	
4.	Rabu/17-02-21	Lanjut bab 3	
5.	Rabu/24-02-21	Tambahkan rujukan daftar pustaka	
6.	Sabtu/06-03-21	ACC Seminar Proposal	
	Rabu/31-03-21	Perbaiki sesuai arahan penguji	
7.	Sabtu/10-04-21	Tambahkan data pada analisa data	
8.	Kamis/03-06-21	Perbaiki kesimpulan , abstrak, saran	
9.	Jumat /18-06-21	ACC Seminar Hasil	
10.	Kamis/19-08-21	Perbaiki sesuai arahan penguji	
11.	Senin/23-08-21	Perbaiki sistematika penulisan dan abstrak	
12.	Sabtu/28-08-21	ACC Sidang Akhir 	

LAMPIRAN 3 BIOGRAFI PENULIS



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : INDRA SAPUTRA
Nama Panggilan : INDRA
NPM (NIM) : 1707220052
Tempat/Tanggal Lahir : UNONG BOKOU/ 20 Oktober 1998
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI
Agama : ISLAM
Status : BELUM MENIKAH
Alamat Sekarang : U.BOKOU, Desa Bajadolok, Kec. Sipispis,
Kab. Serdang Bedagai, Sumatera Utara, 20992
No. Telepon/ Whatsapp : 082276770840
E-mail : indrasaputra20junior@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD N 105452 Bahjering (2004-2010)
SMP N 2 Sipispis (2010-2013)
SMA N 1 Sipispis (2013-2016)
S1 TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH (2017-2021)
SUMATERA UTARA

