

KONTRAK PENELITIAN
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI (PDUPT)
TAHUN JAMAK
Tahun Anggaran 2022
Nomor: 198/II.3-AU/UMSU-LP2M/C/2022

Pada hari ini Jumat tanggal dua puluh empat bulan Juni tahun dua ribu dua puluh dua, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Syaiful Amri Saragih, S. P., M. Sc.** : **Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara** yang berkedudukan di **Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan**, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc.** : **Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu **Kontrak Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi** Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

PASAL 1
RUANG LINGKUP

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Pekerjaan Penelitian Program Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul: **“Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Matahari Pada Pesisir Pantai Labu Sumatera Utara”**;
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud pada ayat (1);

PASAL 2
SUMBER DANA

PIHAK KESATU memberikan pendanaan Kontrak penelitian yang bersumber pada DIPA Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2022, Nomor SP DIPA- Nomor SP DIPA-023.17.1.690523/2022 revisi ke-02 tanggal 22 April 2022.

PASAL 3 JANGKA WAKTU

Kontrak Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal 10 Mei hingga 20 November 2022.

PASAL 4 CARA PEMBAYARAN

- (1) PIHAK PERTAMA menyalurkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sebesar **Rp. 102.800.000,-** (Seratus Dua Juta Delapan Ratus Ribu Rupiah) yang bersumber dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2022.
- (2) Pendanaan Pelaksanaan Penelitian sebagaimana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA ke rekening PIHAK KEDUA dengan ketentuan: pembayaran dana penelitian sebesar 100% dari total bantuan dana kegiatan yaitu **Rp. 102.800.000,-** (Seratus Dua Juta Delapan Ratus Ribu Rupiah).
- (3) Pembayaran sebagaimana pada ayat (2) diberikan setelah ditanda tangannya kontrak antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dan juga setelah PIHAK KEDUA melengkapi proposal pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.

PASAL 5 HAK DAN KEWAJIBAN

- (1) PIHAK PERTAMA mempunyai kewajiban memberikan pendanaan penelitian kepada PIHAK KEDUA;
- (2) PIHAK KEDUA wajib melakukan pengunggahan ke laman BIMA dokumen sebagai berikut:
 - a. Catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - b. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian,
 - c. Surat Pernyataan Tanggungjawab belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
 - d. Menyampaikan soft copy serta bukti unggahannya ke Pihak Pertama,
- (3) PIHAK KEDUA berkewajiban untuk menindak lanjuti dan mengupayakan pelaksanaan penelitian yang dilakukan dosen untuk memperoleh luaran wajib untuk setiap judul proposal penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 ayat (1);
- (4) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-sebesarnya untuk pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi;
- (5) PIHAK KEDUA berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hak paten atau hak kekayaan intelektual lainnya, serta publikasi ilmiah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) secara berkala kepada PIHAK PERTAMA yaitu pada akhir tahun anggaran;
- (6) PIHAK KEDUA berkewajiban untuk mengikuti Monitoring dan Evaluasi Pelaksanaan Pekerjaan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan Pihak Pertama

- (7) Penilaian kemajuan pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh PIHAK PERTAMA setelah ketua pelaksana mengunggah laporan kemajuan pelaksana kegiatan ke (website) BIMA, dengan berpedoman kepada prinsip-prinsip dan/atau kaidah Program Penelitian;
- (8) Perubahan-perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi Pelaksanaan program Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan dari Direktur Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat dengan melalui Persetujuan PIHAK PERTAMA;
- (9) PIHAK KEDUA harus menyampaikan surat pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman (website) BIMA dan menyampaikan softcopy dan bukti unggahan ke Kopertis Wilayah-I.
 - a. Revisi proposal penelitian
 - b. Surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 - c. Catatan harian pelaksanaan penelitian
 - d. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
 - e. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
 - f. Laporan akhir penelitian
 - g. Luaran penelitianpaling lambat tanggal **16 November 2022**.
- (10) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, PIHAK KEDUA belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka PIHAK KEDUA dikenakan sanksi administratif berupa tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut;
- (11) Peneliti/Pelaksana Penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan Pemonitoran dan Evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada Direktur Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, maka Pelaksana Penelitian tidak berhak menerima sisa dana;
- (12) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke rekening kas Negara.
- (13) Laporan hasil penelitian sebagaimana tersebut pada pasal 5 ayat (9) ditulis dalam format font Times New Roman ukuran 12 spasi 1,5 kertas A4 pada bagian bawah sampul (cover) ditulis : Dibiayai oleh:

Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Nomor: 153/E5/PG.02.00.PT/2022

- (14) Peneliti wajib mencantumkan acknowledgement yang menyebutkan sumber pendanaan (yaitu: Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat – Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi – Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia) pada setiap bentuk luaran penelitian baik berupa publikasi ilmiah, makalah yang dipresentasikan, maupun poster.
- (15) Softcopy laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke laman (website) BIMA dan dikirimkan juga kepada PIHAK PERTAMA sebanyak 1 (satu) rangkap serta bukti unggahannya sedangkan hardcopy wajib di simpan oleh PIHAK KEDUA

PASAL 6

PENGGANTIAN KEANGGOTAAN

- (1) Apabila PIHAK KEDUA berhenti dari Jabatannya, sebelum Kontrak Penelitian ini selesai, maka PIHAK KEDUA wajib menyerahkan terimakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya, dibuktikan dengan adanya Berita Acara Serah Terima (BAST) yang ditanda tangani oleh kedua belah pihak.
- (2) Apabila setiap ketua pelaksana sebagaimana di maksud dalam pasal 2 ayat (4) tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan dengan melalui persetujuan PIHAK PERTAMA;
- (3) Apabila ketua peneliti mengundurkan diri sebagai ketua harus diganti dengan anggota tim dengan syarat dan ketentuan yang ada, jika tidak ada maka dana dikembalikan ke Kas Negara

PASAL 7

PAJAK

PIHAK KEDUA berkewajiban menyeter pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak secara kolektif yang dikoordinir PIHAK PERTAMA, berupa:

- 1 Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
- 2 Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

PASAL 8

KEKAYAAN INTELEKTUAL

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku;
- (2) Setiap publikasi, makalah dan/ atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan PIHAK PERTAMA sebagai pemberi dana;
- (3) Hasil Penelitian berupa peralatan dan/ atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST);
- (4) Apabila terdapat hal-hal lain yang belum diatur dalam kontrak penelitian ini dan memerlukan pengaturan, maka akan diatur kemudian oleh PARA PIHAK melaui amandemen kontrak penelitian ini dan/ atau melalui pembuatan perjanjian tersendiri yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari kontrak penelitian ini.

PASAL 9
KEADAAN KAHAR

- (1) PARA PIHAK dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam Kontrak Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan PARA PIHAK yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*);
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam kontrak penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan kontrak penelitian ini;
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan PARA PIHAK dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

PASAL 10
PENYELESAIAN PERSELISIHAN

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan kontrak penelitian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat
- (2) Dalam hal tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri Medan;

PASAL 11
AMANDEMEN KONTRAK

- (1) Hal-hal yang belum diatur dalam Kontrak Penelitian ini akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.
- (2) Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.



PIHAK PERTAMA

Syaiful Amri Saragih, S. P., M. Sc.
NIDN: 0113098704



PIHAK KEDUA

Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc.
NIDN: 0127058701



Prof. Dr. Muhammad Arifin, S. H., M. Hum.
NIP: 19570113.198303.1.002

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

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 industri kecil menengah. Pelaksanaan penelitian yang telah di capai adalah peneliti mendapatkan data kecepatan angin dan radiasi matahari di Pesisir Pantai Labu, dan dari data tersebut dapat disimulasikan dengan software homer dan di analisa sehingga mendapatkan total produksi energi listrik dari kecepatan angin dan panel surya yang sangat potensial. Potensi kecepatan angin dan matahari pada daerah tersebut dapat di manfaatkan menjadi pembangkit listrik yang tanpa batas serta ramah lingkungan.

1. Data Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari

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 1 Kecepatan angin paluh sibaji kecamatan pantai labu

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 radiasi matahari di ketahui radiasi tertinggi berada pada bulan Maret dengan radiasi 5,02 w/m² dan radiasi matahari terendah berada pada bulan November dengan radiasi 4,08 w/m² dan radiasi matahari rata rata seetiap bulannya adalah sebesar 4,56 w/m².

Tabel 2 Radiasi matahari paluh sibaji kecamatan pantai labu

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

2. Menentukan Luas Daerah Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Dari data pengalokasian pembangkit listrik tenaga hibrida dengan luas daerah yang di gunakan 100.000 m² dengan dimensi 400 m x 250 m di tentukan pengalokasian PLTB dengan luas 200 m x 250 meter memiliki 30 titik turbin angin dengan jarak antara titik sejauh 40 m dan juga pengalokasian luas wilayah untuk sistem PLTS dengan luas 200 m x 250 meter di dapat 30 grup dengan jarak antara grup sejauh 3 meter, masing masing grup berukuran 5 m x 174 m.

3. Daya Keluaran dari sistem PLTB

Sistem PLTB yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut

Tabel 3. Spesifikasi turbin angin

Tipe turbin	Sumbuh vertikal
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	alumunium alloy
Jumlah baling baling	3 buah

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

Bulan Januari

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,593 \\&= 62,4 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Februari

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,123 \\&= 41,1 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Maret

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,703 \\&= 26,6 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan April

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,103 \\&= 12,5 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Mei

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,333 \\&= 17,1 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Juni

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,743 \\&= 27,7 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Juli

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,903 \\&= 32,92 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Agustus

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

Bulan September

$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,693 \\&= 26,28 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan Oktober

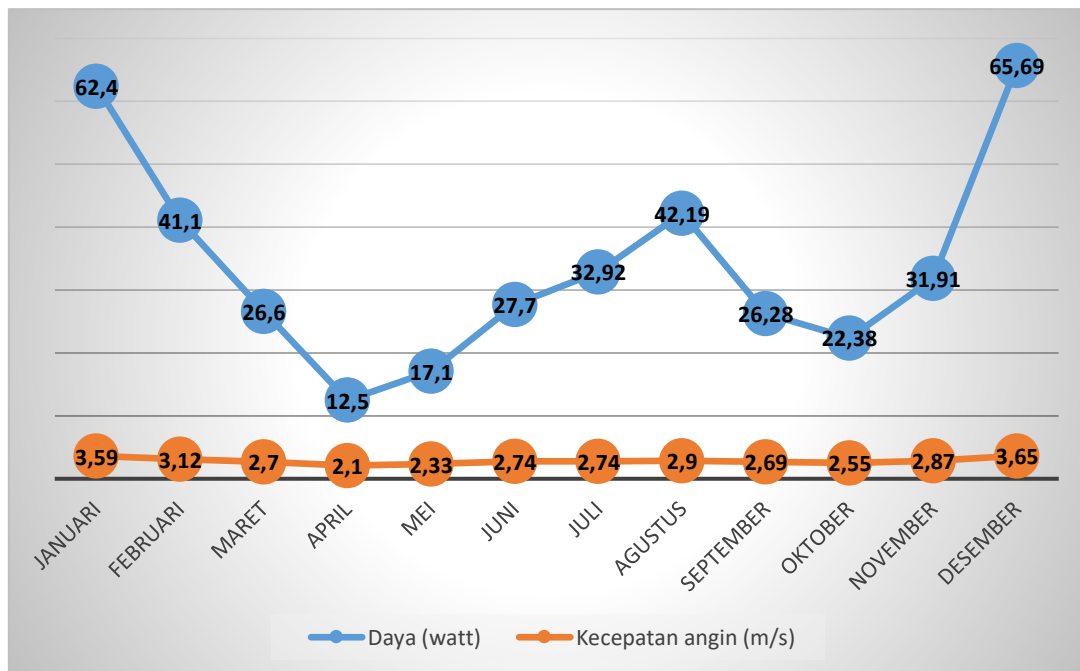
$$\begin{aligned}Ea &= 1/2 C. p.A.v^3 \\&= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,553 \\&= 22,38 \text{ watt}\end{aligned}$$

Bulan November

$$\begin{aligned} E_a &= 1/2 C_p A v^3 \\ &= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,873 \\ &= 31,91 \text{ watt} \end{aligned}$$

Bulan Desember

$$\begin{aligned} E_a &= 1/2 C_p A v^3 \\ &= 1/2 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 3,653 \\ &= 65,65 \text{ watt} \end{aligned}$$



Grafik 1. Grafik Daya setiap bulan sistem PLTB

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

$$\begin{aligned} P_{out} \text{ rata rata} &= (p \text{ total}) / (\text{jumlah}) \\ &= 408,77 / 12 \\ &= 34,06 \text{ W} \end{aligned}$$

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. Daya keluaran sistem PLTS

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

Tabel 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, kemampuan radiasi matahari yang telah di konversi menjadi tenaga listrik serta dengan menggunakan panel surya dengan spesifikasi seperti pada tabel 4 maka besarnya daya listrik yang dapat di hasilkan perjam dalam setiap bulannya dari sistem PLTS ini adalah

Bulan Januari

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

Bulan Februari

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

Bulan Maret

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

Bulan April

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

Bulan Mei

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\
 &= 4,77 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 38.854,512 = 38,9 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

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

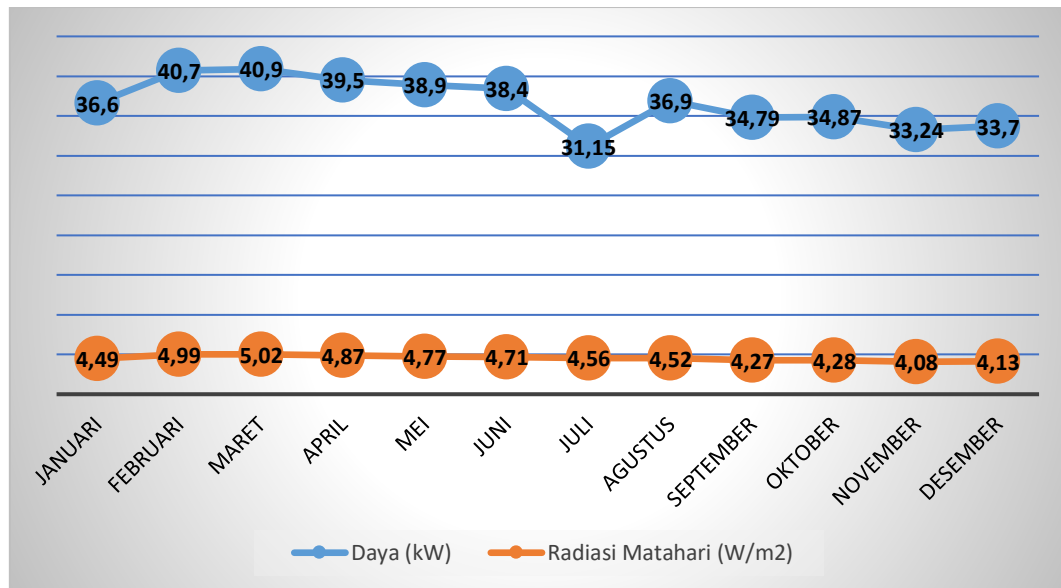
$$\begin{aligned}\text{Pout} &= \text{Ir.A.Ei.Ep} \\ &= 4,28 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 34.863,168 = 34,87 \text{ kW}\end{aligned}$$

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 2. Daya setiap bulan sistem PLTS

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

$$\begin{aligned}
 \text{Pout rata-rata} &= (P_{\text{total}}) / (\text{jumlah}) \\
 &= 439,65 / 12 \\
 &= 36,638 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

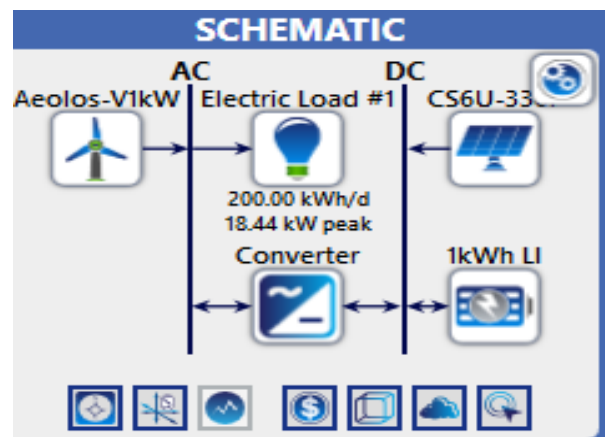
Banyaknya jumlah panel surya yang digunakan dalam perencanaan sistem PLTS adalah

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

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

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

5. Desain Sistem Hibrid dengan HOMER



Gambar 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 5. Masukan parameter HOMER

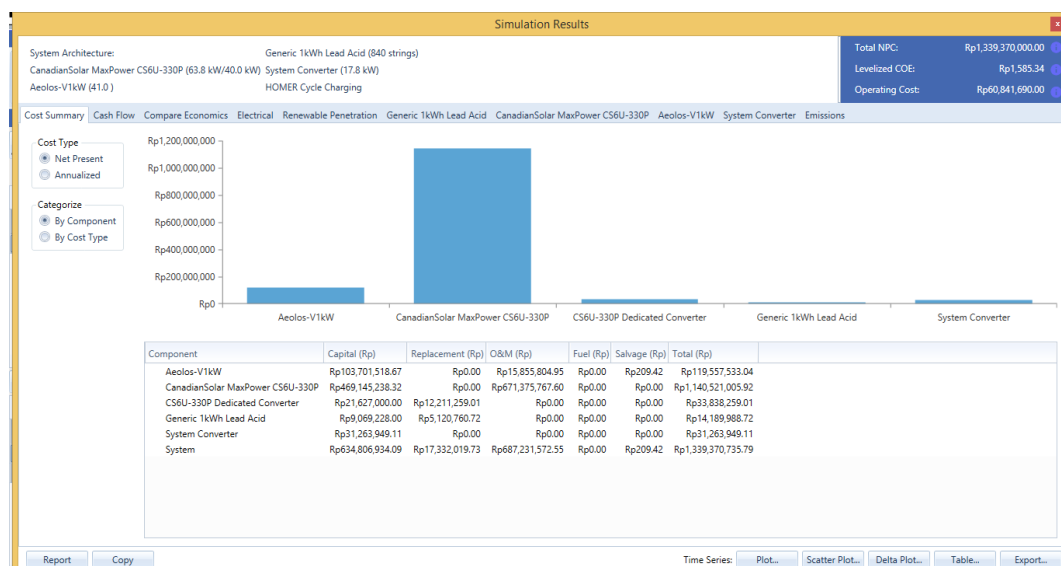
Input	Keterangan	Kapasitas Terpasang	Harga/unit (Rp)	Penggantian	Masa Pakai	Operasi dan perawatan /Tahun/unit
Beban	Beban harian dalam penelitian	18,44 kW Peak		-	-	-
Panel Surya	CanadianSolar MaxPower CS6U-330 P	0,33 kW	2.427.626	-	25 Tahun	300.000
Turbin Angin	Aelos-V1Kw	1 kw	44.190500	-	20 Tahun	1.000.000
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	-

6. Simulasi HOMER



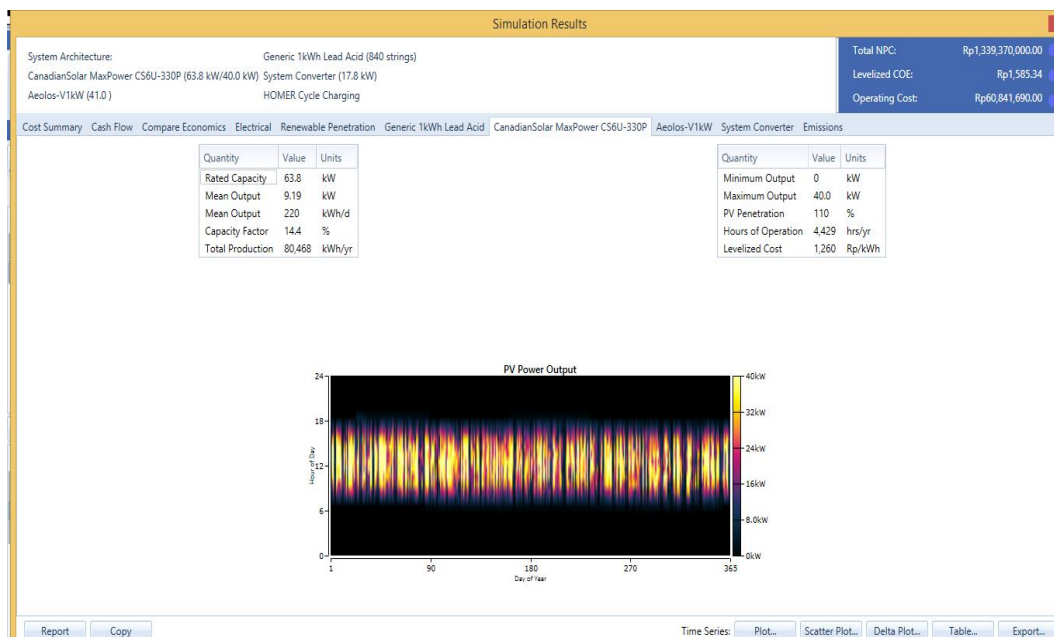
Gambar 2. Simulasi Beban Harian Masukan

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 dihasilkan dari sistem PLTH berdasarkan analisis sebelumnya. Hal ini di lakukan untuk memperbesar ke handalan sistem pembangkit.



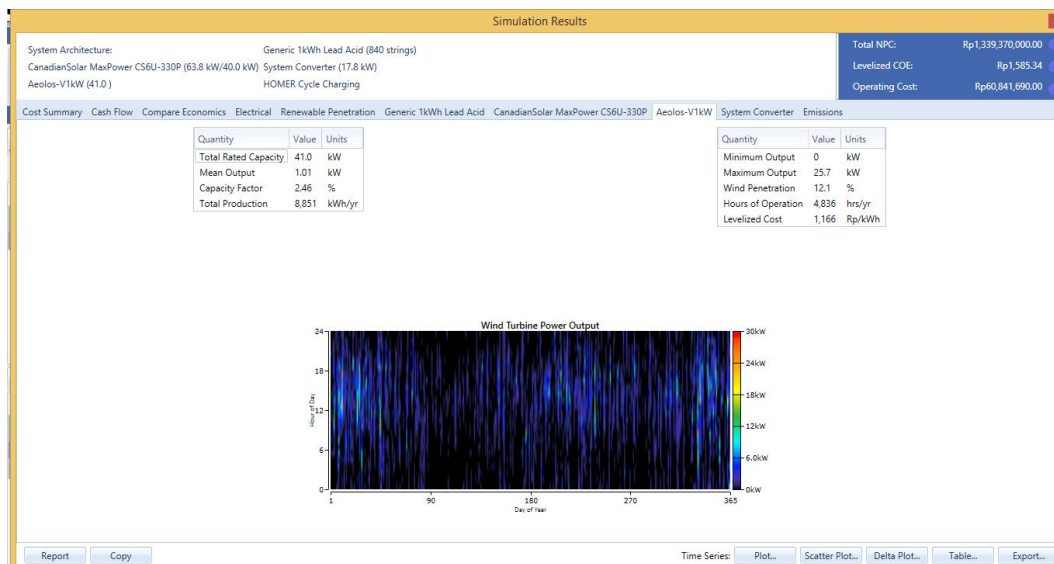
Gambar 3. Hasil Simulasi Sistem Dengan Homer

Berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan software homer di dapat total nilai cost 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.



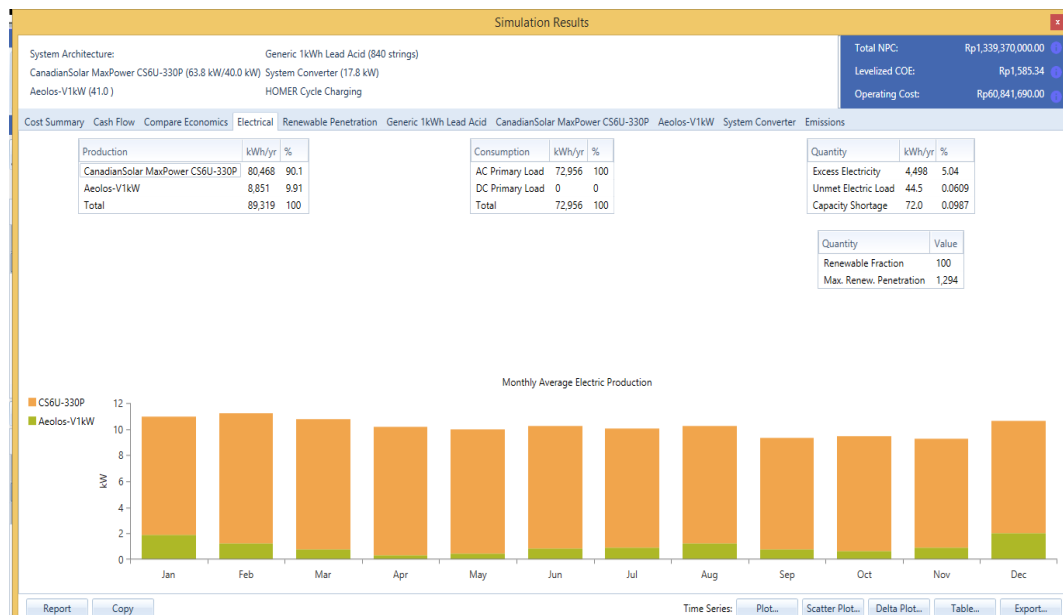
Gambar 4. Simulasi Produksi listrik Panel Surya

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 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 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 tersebut dapat di lihat pada tabel 6 untuk hasil simulasi menggunakan Homer.

Tabel 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

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Luaran Wajib dan luaran tambahan yang di janjikan adalah 1 Buku Monograf ber ISBN dan 1 HAKI dimana status luaran wajib sudah Terbit Buku Monograf dengan ISBN : 978-623-408-207-4 dan untuk luaran tambahan 1 HAKI juga sudah Terbit Sertifikat HAKI dengan Nomor EC00202268997.

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Mitra memberikan masukan ketika dilakukan diskusi terkait dengan hasil simulasi dan analisis. Tentunya, hasil diskusi ini memberikan dampak berupa masukan yang berguna sehingga dapat membantu terkait dengan kendala-kendala yang dihadapi selama penelitian.

F. **KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Penelitian yang dilaksanakan berjalan dengan baik dan sesuai target yang diharapkan yaitu peneliti dapat menganalisis potensi tenaga angin dan matahari untuk wilayah Pesisir Pantai Labu Sumatera Utara. Sejauh ini tidak ada kendala yang sulit di hadapi selama melakukan penelitian.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Tahapan selanjutnya adalah:

- Melanjutkan Analisis mendalam dan perbandingan dari data yang di dapatkan untuk penelitian berikutnya.
- Melanjutkan simulasi angin dan matahari.
- Melakukan eksperimen pada kondisi peak angin dan matahari untuk Penelitian tahun berikutnya.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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>
5. 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>
6. Gomes, 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>
7. 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>
8. Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. 73–80.
9. Hasibuan, A., Siregar, W. V., Setiawan, A., & Daud, M. (2021). Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Penerangan Pada Perahu Nelayan. 85–88.
10. 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.
11. 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>
12. Kusnaifi, 2015. (2015). Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Provinsi Riau. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), 1689–1699. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf>
13. Luque, A., & Hegedus, S. (n.d.). *Handbook of Photovoltaic Science*.
14. 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.
15. Utara, S. (2005). Pengkajian Potensi Energi Angin dengan Fungsi Distribusi Weibull sebagai Angin. 1–5.
16. 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.
17. Wilayah, S., Dan, A., Septiadi, D., Nanlohy, P., Souissa, M., & Rumlawang, F. Y. (n.d.). PROYEKSI POTENSI ENERGI SURYA SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN. 22–28.

Potensi
Pembangkit Listrik
**Tenaga
Hibrida**
di Pesisir Pantai Labu

Muhammad Fitra Zambak
Suwarno

Potensi
Pembangkit Listrik
Tenaga
Hibrida
di Pesisir Pantai Labu

Potensi
Pembangkit Listrik
**Tenaga
Hibrida**
di Pesisir Pantai Labu

Muhammad Fitra Zambak
Suwarno

HAK CIPTA DILINDUNGI UNDANG-UNDANG

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam dan dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penulis.



DAFTAR ISI

Judul
**Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir
Pantai Labu**

Penulis
**Muhammad Fitra Zambak
Suwarno**

Editor
Muhammad Arifin, M.Pd.

Desain Sampul
Fimanda Arlita, S.Pd

Cetakan Pertama; September 2022
(xvi + 84 hlm) 15 x 23 cm

ISBN: 978-623-408-207-4
E-ISBN: 978-623-408-208-1 (PDF)

Penerbit



Redaksi

Jalan Kapten Muktar Basri No 3
Medan, 20238
Telepon, 061-6626296, Fax. 061-6638296
Email; umsupress@umsu.ac.id
Website; <http://umsupress.umsu.ac.id/>
Anggota IKAPI Sumut, No : 38/ Anggota Luar Biasa/SUT/2020
Anggota APPTI (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
Anggota APPTIMA (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Muhammadiyah
Aisyiyah)

DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
KATA PENGANTAR	xiii
PRAKATA	xv

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Pokok Permasalahan Kebutuhan Akan Sumber Energi di Daerah Pesisir	1
1.2. Tujuan Kajian Potensi Pembangkit Listrik Hibrida	3
1.3. Metode Pemecahan Masalah Sumber Energi	4
1.4. Potensi Temuan Keterbaruan Sumber Energi	4

BAB 2 POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA	5
2.1. Tinjauan Kajian Pembangkit Listrik Hibrida	5
2.2. Potensi Energi Matahari	11
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	12
2.3.1. Sistem Kerja PLTS	15
2.3.2. Rangkaian Seri Panel Surya	16
2.3.3. Rangkaian Paralel Panel Surya	17
2.3.4. Rangkaian Seri Paralel Panel Surya	18
2.3.5. Sejarah Sel Photovoltaik	19
2.3.6. Prinsip Kerja Sel Photovoltaik	21
2.3.7. Jenis Jenis Sel Surya	22
2.4. Angin	24
2.5. Jenis Jenis Angin	25
2.5.1. Angin Laut	25
2.5.2. Angin Darat	25
2.5.3. Angin Lembah	26
2.5.4. Angin Muson	26
2.6 Potensi Energi Angin	28

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) _____	30
2.8 Jenis Jenis Turbin _____	32
2.8.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) _____	32
2.8.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) _____	34
2.9 Pembangkit Listrik Hibrida (PLH) _____	37
2.10. HOMER (<i>Hibrida Optimazation Model For Electric Renewables</i>) _____	38
2.10.1 <i>Total Net Present Cost</i> (NPC) _____	39
2.10.2 <i>Total Annualized Cost</i> (Cann, tot) _____	40
2.10.3 <i>Annualized capital cost</i> _____	40
2.10.4 <i>Annualized replacement cost</i> _____	41
2.10.5 <i>Capital Recovery Factor</i> _____	41
2.10.6 Biaya Operasi dan Perawatan (O&M cost) _____	42
2.10.7. Biaya Bahan Bakar Generator _____	43
2.10.8 <i>Levelized Cost of Energy</i> (LCOE) _____	43
2.11 MPPT _____	44

BAB 3 PROSEDUR DAN ALAT KELENGKAPAN

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA _____	45
3.1 Proses Kajian _____	45
3.2 Alat dan Bahan _____	45
3.3. Prosedur Kajian Pembangkit Listrik Hibrida _____	48
3.4 Bagan Alir Kajian Pembangkit Listrik Hibrida _____	50
3.5 Desain Sistem Hibrid dengan HOMER _____	50

BAB 4 HASIL KAJIAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA

PADA DAERAH PESISIR _____	55
4.1 Data Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari _____	55
4.2. Menentukan Luas Daerah Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida _____	57
4.3. Daya Keluaran dari sistem PLTB _____	57
4.4 Daya Keluaran Sistem PLTS _____	62

BAB 5 PENUTUP _____	71
---------------------	----

5.1. Kesimpulan _____	71
5.2. Rekomendasi _____	72

GLOSARIUM _____	73
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA _____	75
----------------------	----

INDEKS _____	79
--------------	----

TENTANG PENULIS _____	81
-----------------------	----

TENTANG EDITOR _____	83
----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Keterangan	Hal
Gambar 2.1	Radiasi Matahari Paluh Sibaji	12
Gambar 2.2	PLTS Likupang	14
Gambar 2.3	Solar Sel Modul	15
Gambar 2.4	Cara kerja sistem PLTS	16
Gambar 2.5	Rangkaian seri solar panel	17
Gambar 2.6	Rangkaian Pararel	17
Gambar 2.7	Rangkaian seri pararel	18
Gambar 2.8	Cara Kerja Sel Surya	22
Gambar 2.9	Sel Monocrystalline	23
Gambar 2.10	Sel Poly Crystalline	23
Gambar 2.11	Solar Thin Film	24
Gambar 2.12	Table Kecepatan Angin Setiap Bulan Paluh Sibaji	28
Gambar 2.13	Sistem Kerja PLTB	30
Gambar 2.14	Turbin Angin Sumbu Horizontal	33
Gambar 2.15	Turbin Angin Sumbu Vertikal	36
Gambar 2.16	Pembangkit Listrik Hibrida	37
Gambar 2.17	Pembangkit listrik hibrida bayu surya	38
Gambar 3.1	Spesifikasi Computer	46
Gambar 3.2	HOMER Display	47
Gambar 3.3	Autocad 2012	47
Gambar 3.4	Flow chart penelitian	50
Gambar 3.5	Desain pembangkit Hibrida Dengan Homer	51
Gambar 3.6	Simulasi Beban Harian Masukan	53
Gambar 3.7	Hasil Simulasi Sistem Dengan Homer	53
Gambar 4.1	Simulasi Produksi listrik Panel Surya	66

Gambar 4.2	Simulasi produksi listrik Turbin Angin	67
Gambar 4.3	Simulasi Daya Keluaran Sistem Hibrida	68

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Keterangan	Hal
Tabel 2.1	Potensi Angin Berdasarkan Kecepatan	29
Tabel 2.2	Kelebihan dan Kekurangan Turbin TASH	34
Tabel 2.3	Kelebihan dan kekurangan Turbin angin TASV	36
Tabel 3.1	Masukan parameter HOMER	51
Tabel 4.1	Kecepatan Angin Paluh Sibaji Kecamatan Pantai Labu yang Diambil dari NASA	55
Tabel 4.2	Radiasi Matahari Paluh Sibaji Kecamatan Pantai Labu yang Diambil dari NASA	56
Tabel 4.3	Spesifikasi turbin angin	57
Tabel 4.4	Spesifikasi Panel Surya Canadian 330 wp	62
Tabel 4.5	Hasil Simulasi HOMER	69

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah swt yang telah memberikan kekuatan fisik, akal dan iman. Selanjutnya salawat dan salam kepada junjungan nabiullah, Muhammad saw. Semoga kita senantiasa dilimpahkan rezeki, kesehatan dan keberkahan-Nya. Amin.

Buku **Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu** yang ditulis oleh Muhammad Fitra Zambak dan Suwarno ini berbicara tentang upaya pengembangan sumber energi campuran yang berasal dari tenaga sinar matahari dan kekuatan angin untuk menghidupi masyarakat yang ada di pesisir pantai labu Sumatera Utara. Buku akan menyajikan prosedur dan proses dalam mengembangkan pembangkit listrik tersebut. Tentu saja akan bermanfaat bagi para praktisi, akademisi dan masyarakat itu sendiri.

Pengembang teknologi yang efisien dan ramah lingkungan ini tentunya harus terus didukung oleh semua pihak, terutama pemerintah untuk menciptakan ketahanan sumber energi yang berkelanjutan. Sudah saatnya dunia beralih kepada segala hal yang dapat merusak atmosfer dan ekosistem alam. Maka dari itu para pelaku bisnis, penggiat lingkungan hidup, teknisi dan pemerintah itu sendiri harus mau bahu membahu dalam mewujudkannya. Kesempingan

ego dan keuntungan pribadi, demi kemajuan peradaban bangsa.

Akhir kata, saya ucapkan selamat kepada penulis terhadap tebitnya buku ini. Semoga diterima secara luas dan terbuka. Dengan niat tulus, semoga ini menjadi amal jariyah bagi penulis. *Aamin.*

Medan, 6 September 2022

Editor

PRAKATA

Bissmillahirrahmanirrohiim

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan Nikmat dan rahmat serta karunia-Nya akhirnya Buku ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam kami curahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW karena atas perjuangan beliau kita berada di alam yang terang benderang ini dengan penuh dengan ilmu pengetahuan.

Buku ini yang berjudul **Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu** semoga dapat memberikan manfaat bagi para peneliti, dosen dan mahasiswa yang meneliti dan mempelajari Sistem Pembangkit Hibrida. Penulis menyadari penyusunan buku ini masih banyak kekurangan dan kelemahan disana sini, sehingga masih memerlukan penyempurnaan untuk meraih capaian yang diharapkan kedepannya. Sehingga kami mengharapkan segala masukan, ide dan saran untuk menyempurnakan buku ini di masa yang akan datang.

Medan, 1 September 2022

Penulis

PENDAHULUAN

1.1. Pokok Permasalahan Kebutuhan Akan Sumber Energi di Daerah Pesisir

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 di mana 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 berperan 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 berpotensi 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 hembusan angin yang cukup kuat menjadi daerah yang potensial untuk di kembangkan sebagai sumber pembangkit listrik alternatif. Selain dari potensi sumber 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 dan surya) pada daerah pesisir pantai labu terutama pada desa paluh sibaji dengan estimasi luas daerah yang di manfaatkan seluas 100.000 m² atau 10 hektare menggunakan software HOMER.

1.2. Tujuan Kajian Potensi Pembangkit Listrik Hibrida

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui besar energi listrik yang dapat dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan 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 potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir pantai labu dari segi ekonomi.

1.3. Metode Pemecahan Masalah Sumber Energi

Berdasarkan uraian Permasalahan di atas didapat rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain

1. Berapa besar energi listrik yang dapat dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) pada pesisir pantai labu dengan luas daerah 100.000 m²?
2. Berapa biaya yang di perlukan untuk produksi setiap kWh listrik pembangkit listrik tenaga hibrida?
3. Bagaimana potensi pembangkit listrik tenaga hibrida pada pesisir panti labu dari segi ekonomi?

1.4. Potensi Temuan Keterbaruan Sumber Eneergi

Adapun temuan keterbaruan dari penelitian ini adalah 2. Mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga hibrida (angin dan surya) di pesisir pantai labu sebagai bahan referensi dan menjadi pedoman dalam perancangan tenaga matahari dan tenaga angin.

BAB 2

POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA

2.1. Tinjauan Kajian Pembangkit Listri Hibrida

Dalam penyusunan penelitian 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 penelitian 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 Sumatra* dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan hasil penelitiannya yang telah melakukan beberapa survey didapat dari hasil analisis data menunjukkan bahwa Provinsi Sumatera Utara sangat potensial untuk dikembangkan 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 selain 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)

Kemudian dalam penelitian hamper Harahap pada tahun 2020 (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 merek A dan B yang lebih bagus adalah B dikarenakan nilai penyerapan pada B lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai I_{mp} 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 P_v 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. Dilihat 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 1.840,2 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 1.932,8/kWh, sedangkan untuk PVsyst sebesar Rp 1.440,2/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, di mana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan habis dan tidak dapat diperbarui. Berdasarkan pada 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, di mana kecepatan angin yaitu berkisar diantara 2–3 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 $6\text{kWh/m}^2/\text{hari}$ 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 penelitian.

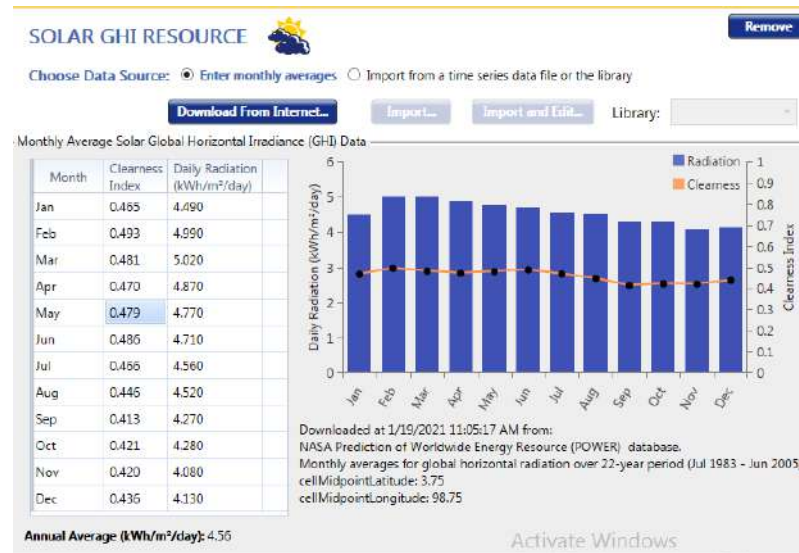
2.2. Potensi Energi Matahari

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 digunakan secara optimal. Energi matahari yang tersedia sepanjang tahun dapat dimanfaatkan 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 kw/m²/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 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.

$$P = V.I \quad (1)$$

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 disatukan 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, paralel atau seri pararael tergantung

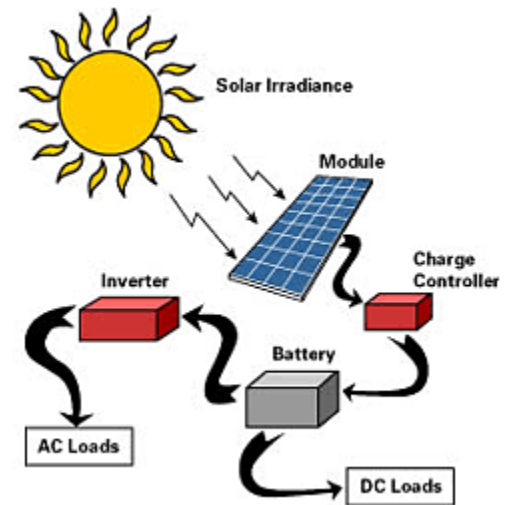
besarnya voltase atau tegangan yang akan di gunakan dalam sistem PLTS. Lihat gambar 2.3



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

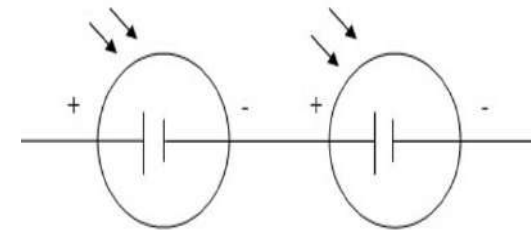
2.3.2. Rangkaian Seri Panel Surya

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 negatif (-) yang baru: positif (+) sel surya pertama dengan negatif (-) yang baru.

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2)$$

Dimana :

V_{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 Pararel Panel Surya

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

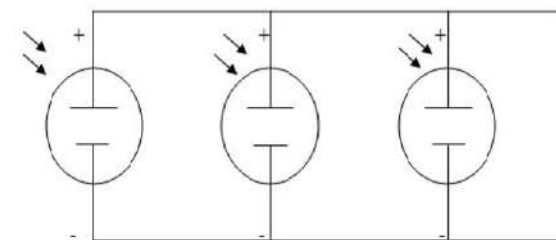
Besar nilai arus pada rangkaian

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

Dimana :

I_{Total} = Arus keseluruhan
 I_1 = Arus panel 1
 I_2 = Arus panel 2
 I_3 = Arus panel 3

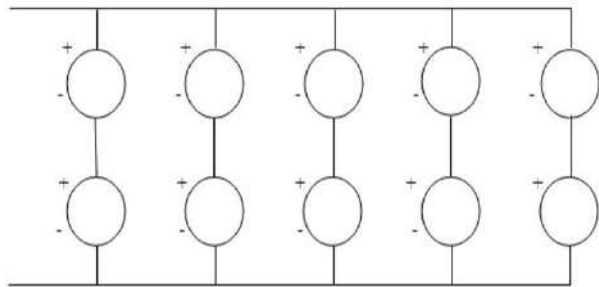
Dengan tegangan nominal yang konstan



Gambar 2.6 Rangkaian Pararel

2.3.4. Rangkaian Seri Pararel Panel Surya

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



Gambar 2.7 Rangkaian seri pararel

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

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

Dimana :

P_{out} : Daya keluaran

I_r : Radiasi matahari (W.m²)

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 :

$$\text{Jumlah panel surya} = (P_{watt \text{ peak}})/P_{mpp} \quad (5)$$

Dimana :

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

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

2.3.5. Sejarah Sel Photovoltaik

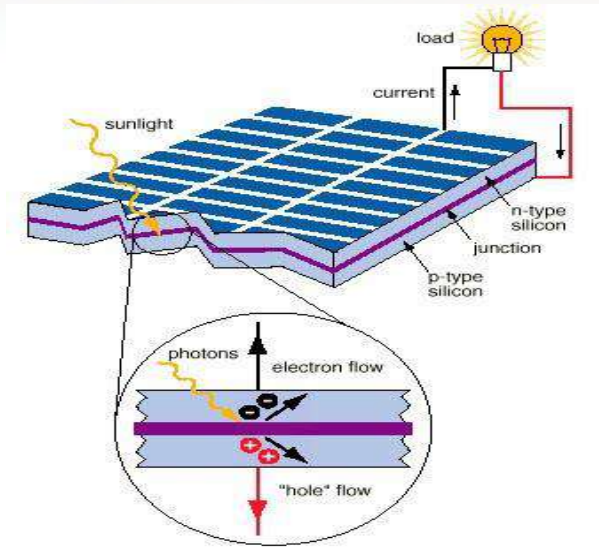
Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi solar cell. Percobaan ini dilakukan dengan menyinari dua buah elektrode dengan berbagai macam cahaya. Elektrode tersebut 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% di bawah 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 Photovoltaik

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 disebut 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 hole 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.

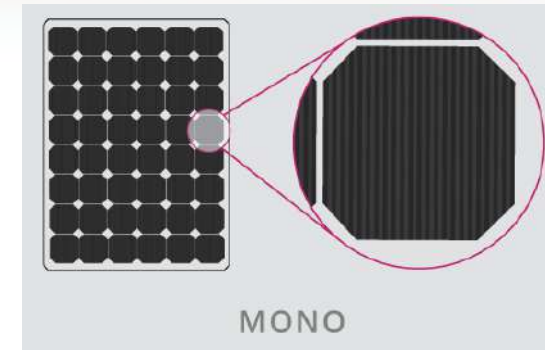


Gambar 2.8 Cara Kerja Sel Surya

2.3.7. Jenis Jenis Sel Surya

1. *Monocrystalline*

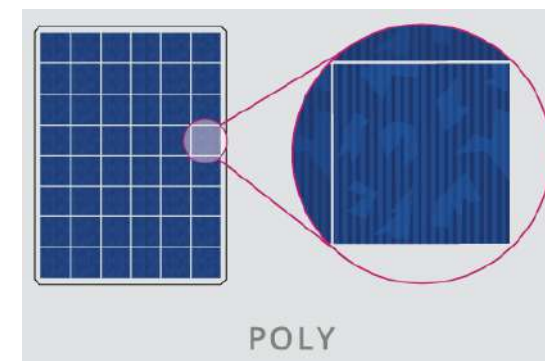
Sel surya *Monocrystalline* adalah panel surya yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan juga menghasilkan daya listrik tinggi. Sel surya monocrystalline dibuat menggunakan crystall silicon murni yang sudah melalui sebuah proses Czochralski. Proses Czochralski yaitu suatu proses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



Gambar 2.9 Sel Monocrystallinne

2. *Polycrystalline*

Sel surya *Polycrystalline* 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. *Thin film solar cell* dikenal memiliki bentuk yang sangat tipis dengan bobot yang lebih ringan dan sifat yang cukup fleksibel. Jenis sel surya ini mampu menyerap energi matahari dengan sangat baik jika berada pada cahaya *fluorescent*.



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 disebut 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 dibarengi dengan penyimpanan energi sementara seperti baterai.

2.5. Jenis Jenis Angin

2.5.1. Angin Laut

Angin laut merupakan fenomena alam di mana udara dari laut bergerak menuju kedaratan diakibatkan karena perbedaan suhu antara laut dan daratan. Suhu udara pada laut lebih tinggi dibandingkan dengan udara daratan pada malam hari karena pada malam hari laut masih menyimpan panas yang didapat 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 di mana udara dari darat bergerak menuju laut diakibatkan karena perbedaan suhu antara daratan dan laut. Suhu udara pada darat lebih tinggi dibandingkan 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 dibandingkan 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 moonsoon 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 samudra 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 sibaji secara data dapat dilihat dari table kecepatan angin yang diambil 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 7.

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 2.13 di bawah.



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)

$$E = 1/2 .m.v^2 \quad (6)$$

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 (m²) dan bergerak dengan kecepatan V (m/s), maka jumlah massa udara yang mengalir tiap detik adalah: (Widyanto et al., 2018)

$$m = A.V.p \quad (7)$$

Dimana

m : massa udara yang mengalir (kg/s)

A : penampang (m²)

V : kecepatan angin (m/s)

p : kerapatan udara (1,293 kg/m³)

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

$$P= 1/2. A. p . v \quad (8)$$

Dimana

P : daya per satuan waktu (watt)

A : luas penampang (m²)

p : kerapatan udara (kg/m³)

v : kecepata angin (m/s)

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

$$E_a = 1/2 \cdot C_p \cdot A \cdot v^3 \quad (9)$$

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 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 Sumbu Horizontal

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

Tabel 2.2
Kelebihan dan Kekurangan Turbin TASH

Kelebihan	Kekurangan
Tinggi memperbolehkan akses ke angin yang lebih kuat. Di sejumlah lokasi geseran angin setiap sepuluh meter ke atas meningkatkan kecepatan angin sebesar 20 %	- 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 menggerakan 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. Apabila tinggi puncak atap yang dipasang 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.



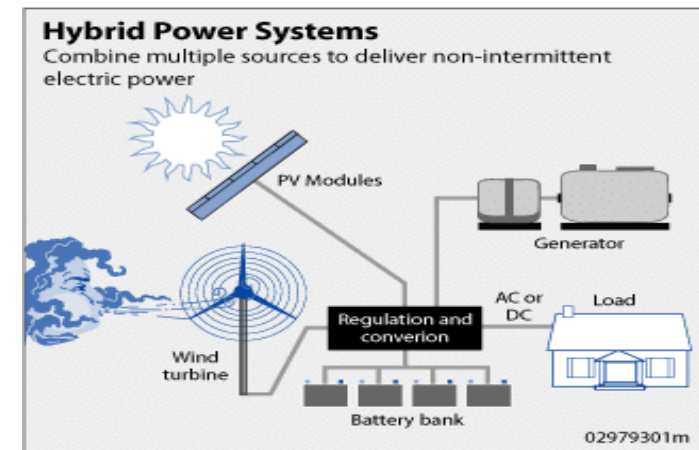
Gambar 2.15 Turbin Angin Sumbuh Vertikal

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 2.16 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 pengoprasiaannya (*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.

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:

$$C_{npc} = (C_{total}) / (CRF(i.R)) \quad (10)$$

Dimana :

C_{total}	= Total biaya tahunan
CRF	= factor pemulihan modal
i	= suku bunga
R	= Umur proyek

2.10.2 Total Annualized Cost ($C_{ann, tot}$)

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:

$$C_{acap} = C_{cap}.CRF(i.R) \quad (11)$$

Dimana:

C_{acap}	= Biaya modal awal
CRF	= 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

$$C_{arep} = C_{rep}.frep.SFF(i.R) - S.SSF(i.R) \quad (12)$$

Dimana

frep	: 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:

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

Dimana

N = jumlah tahun

i = suku Bunga riil (%)

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, penalti untuk kekurangan kapasitas dan penalti untuk emisi. HOMER menggunakan persamaan berikut untuk menghitung biaya O&M:

$$Com = Com, fixed + Ce_3 + Cemisi \quad (14)$$

Dimana

Com : biaya operasi perawatan (Rp/Tahun)
 Com, fixed : biaya tetap operasi & perawatan sistem (Rp/Tahun)
 Ce₃ : penalty untuk kekurangan kapasitas (Rp/Tahun)
 Cemisi : 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 ke dalam 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 Energy (LCOE)

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

$$LCOE = \frac{C_{ann, tot} - C_{boiler} - C_{thermal}}{E_{prim, AC} + E_{prim, DC} + E_{def} + E_{grid sales}} \quad (15)$$

Dimana

C_{ann, tot} = biaya total sistem tahunan (Rp/Tahun)
 C_{boiler} = margin biaya boiler (Rp/kWh)
 E_{thermal} = total beban thermal (kWh/Tahun)
 E_{prim AC} = beban AC utama (kWh/Tahun)

Eprim DC = beban DC utama terpenuhi (kWh/Tahun)
 Edef = beban deferrable yang terpenuhi (kWh/Tahun)
 Egridsales = 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 digunakan persamaan:

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

Dimana

Imppt : Arus maksimal yang dapat di
 lalui MPPT
 Daya sistem : Besar daya pada sistem
 Tegangan sistem : Besar tegangan pada sistem

BAB 3

PROSEDUR DAN ALAT KELENGKAPAN PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA

3.1 Proses Kajian

Penelitian di awali dengan studi pustaka, penentuan lokasi penelitian, penyusunan proposal penelitian, pengumpulan data kecepatan angin dan radiasi matahari, analisa perhitungan potensi lokasi penelitian, analisa perkiraan biaya produksi energi menggunakan *software* HOMER.

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

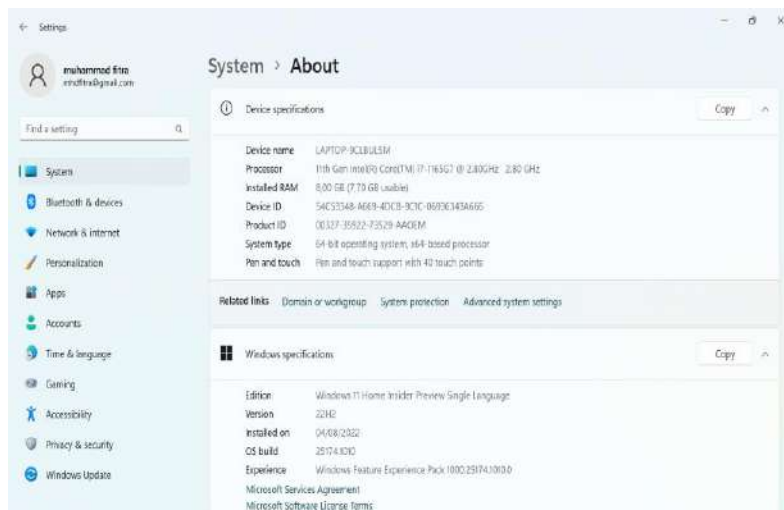
penelitian ini. Computer yang di gunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Processor : intel ® core™ i7 – 1165G7 @ 2.80GHz 2.80 GHz

Installed Memory : 8.00 GB

Sistem Type : 64 – bit

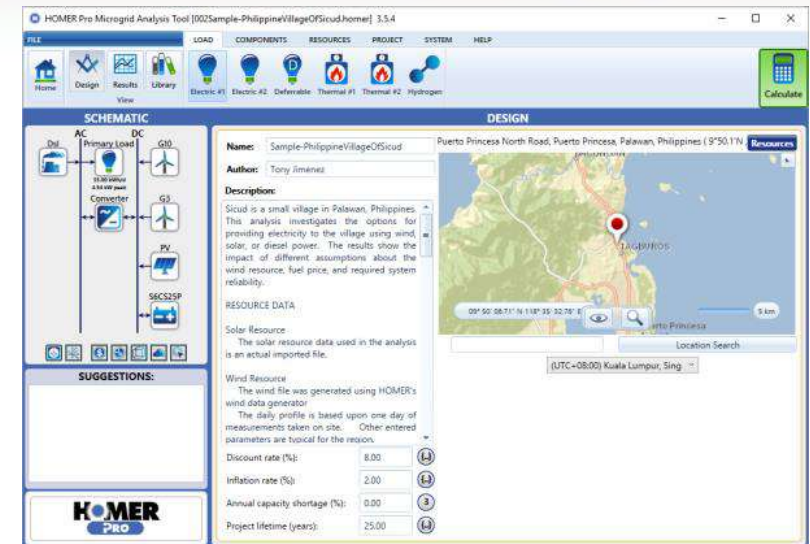
Windows : 11



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 HOMER Display

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.

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.

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.

3.3. Prosedur Kajian Pembangkit Listrik Hibrida

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:

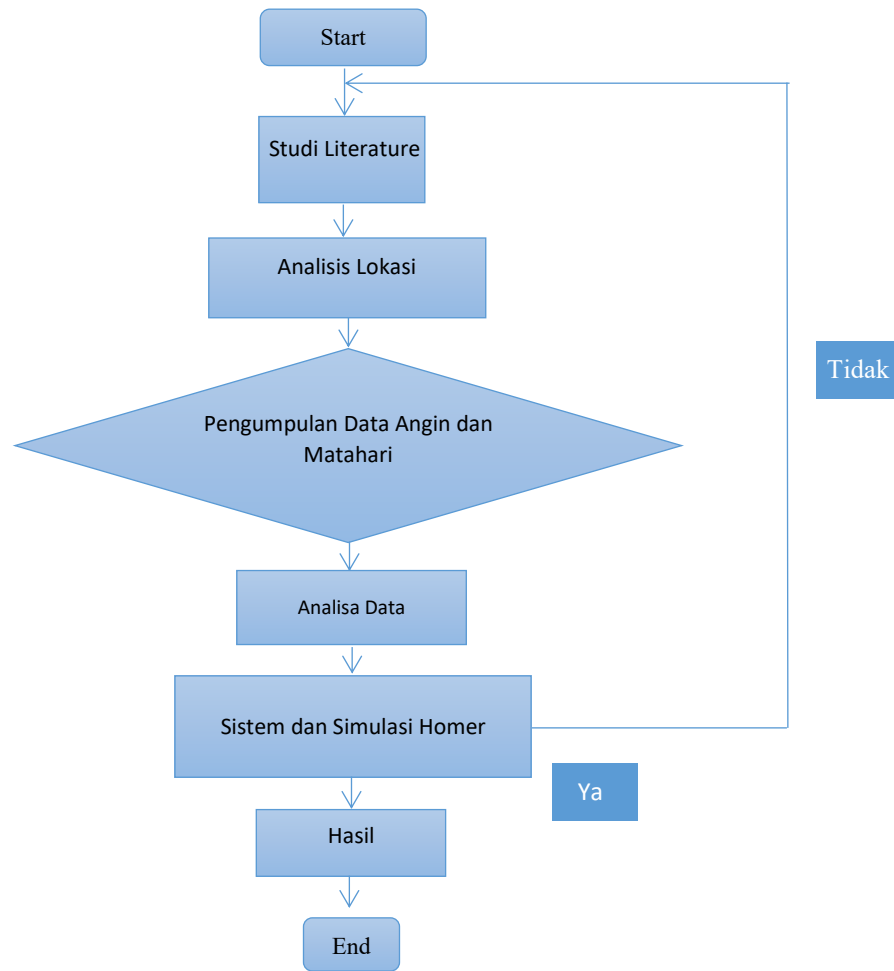
1. Menentukan daerah dengan potensi angin dan surya tinggi serta memiliki ekonomi yang baik.
2. Menentukan titik lokasi dan ukuran daerah yang akan di jadikan lokasi penelitian.
3. Pengambilan data kecepatan angin dan radiasi matahari berdasarkan data NASA yang di unduh dari software HOMER.

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 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.

3.4 Bagan Alir Kajian Pembangkit Listrik Hibrida

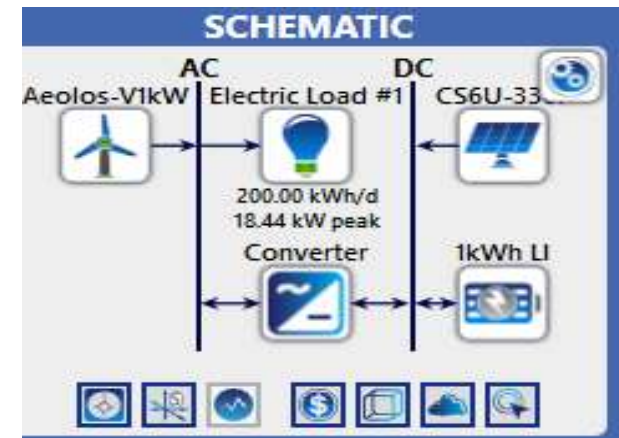


Gambar 3.4 Flow chart penelitian

3.5 Desain Sistem Hibrid dengan HOMER

Desain sistem hibrid antara tenaga matahari dan tenaga angin di desain menggunakan software Home yang di tunjukkan pada gambar 3.4 dengan Parameter input dalam

penelitian ini meliputi beban, converter, pv array, wind turbine, dan baterai.



Gambar 3.5. Desain pembangkit Hibrida Dengan Homer

Parameter masukan ini dapat di lihat pada tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1
Masukan parameter HOMER

Input	Keterangan	Kapasitas Terpasang	Harga/unit (Rp)	Penggantian	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	44.190 500	-	20 Tahun	1.000. 000
Tower Turbin	12 m	-	31.075 .900	-		
conver ter	SIE G120X 3YE30 Fre quenzumric hter 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	1.0 79. 670	10 Tahun	-

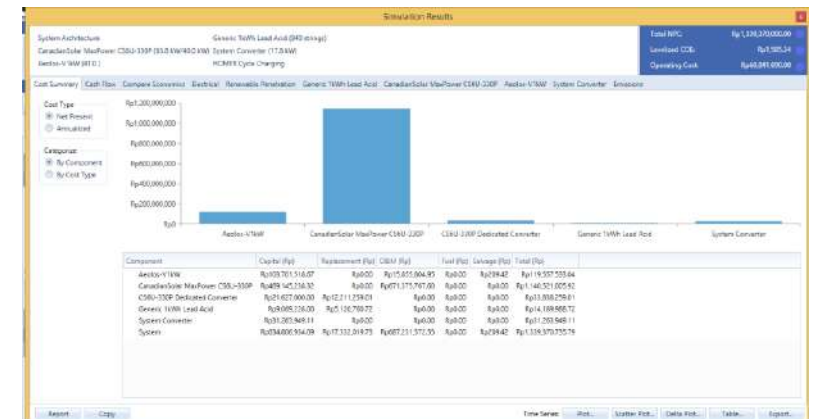
3.6 Simulasi HOMER

Beban dalam simulasi harian yang di tunjukkan gambar 3.5 dibawah 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 dihasilkan dari sistem PLTH berdasarkan analisis sebelumnya. Hal ini di lakukan untuk memperbesar ke handalan sistem pembangkit.



Gambar 3.6 Simulasi Beban Harian Masukan

Gambar 3.7 menunjukkan berhasilnya simulasi dengan menggunakan software Homer



Gambar 3.7 Hasil Simulasi Sistem Dengan Homer

HASIL KAJIAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA PADA DAERAH PESISIR

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 w/m² dan radiasi matahari terendah berada pada bulan November dengan radiasi 4,08 w/m² dan radiasi matahari rata rata seetiap bulannya adalah sebesar 4,56 w/m².

4.2. Menentukan Luas Daerah Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Berdasarkan penentuan alokasi luas daerah yang di gunakan pada bab 1 seluas 100.000 m² 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 m² dengan dimensi 400 m x 250 m ditentukan pengalokasian PLTB dengan luas 200 x 250 meter memiliki 30 titik turbin angin dengan jarak antara titik sejauh 40 m dan juga pengalokasian luas wilayah untuk sistem PLTS dengan luas 200 m x 250 meter di dapat 30 grup dengan jarak antara grup sejauh 3 meter, masing masing grup berukuran 5 m x 174 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 hasilkan dari sistem PLTB berdasarkan data kecepatan angin NASA dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan 9 yaitu:

Bulan Januari

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

Bulan Februari

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

Bulan Maret

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

Bulan April

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

Bulan Mei

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

Bulan Juni

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

Bulan Juli

$$\begin{aligned}
 E_a &= \frac{1}{2} C. p.A.v^3 \\
 &= \frac{1}{2} 0,59 . 1,225 . 3,73 . 2,90^3 \\
 &= \mathbf{32,92 \text{ watt}}
 \end{aligned}$$

Bulan Agustus

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

Bulan September

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

Bulan Oktober

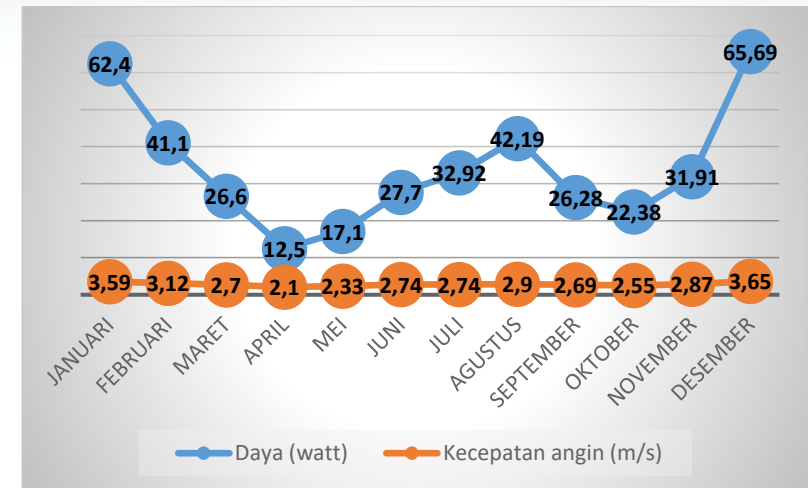
$$\begin{aligned} E_a &= \frac{1}{2} C \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= \frac{1}{2} 0,59 \cdot 1,225 \cdot 3,73 \cdot 2,55^3 \\ &= \mathbf{22,38 \text{ watt}} \end{aligned}$$

Bulan November

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

Bulan Desember

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



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 manfaatkan menjadi pembangkit listrik sebesar 2,83 m/s sehingga daya efektif rata rata yang dapat di bangkitkan dari sistem PLTB dalam 1 turbin adalah

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

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

$$\begin{aligned} \text{Daya Total} &= \text{Daya Turbin} \times \text{Jumlah Turbin} \\ &= 34,06 \times 30 \\ &= \mathbf{1.021,93 \text{ watt hours}} \\ &= \mathbf{1,022 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

4.4 Daya Keluaran Sistem PLTS

Dalam penelitian ini digunakan 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

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

Bulan Februari

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

Bulan Maret

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

Bulan April

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

Bulan Mei

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\
 &= 4,77 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 38.854,512 = \mathbf{38,9 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

Bulan Juni

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\
 &= 4,71 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\
 &= 38.365,776 = \mathbf{38,4 \text{ k}}
 \end{aligned}$$

Bulan Juli

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,56 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 37.143,936 = \mathbf{31,15 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Bulan Agustus

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,52 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 36.818,112 = \mathbf{36,9 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Bulan September

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,27 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 34.781,712 = \mathbf{34,79 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Bulan Oktober

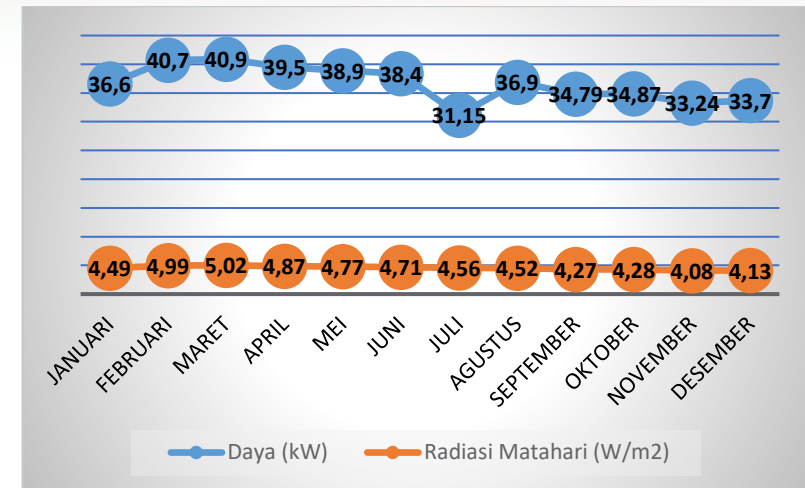
$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,28 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 34.863,168 = \mathbf{34,87 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Bulan November

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,08 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 33.234,048 = \mathbf{33,24 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Bulan Desember

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_r.A.E_i.E_p \\ &= 4,13 \cdot 50000 \cdot 96\% \cdot 16,97\% \\ &= 33.641,328 = \mathbf{33,7 \text{ kW}} \end{aligned}$$



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

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

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

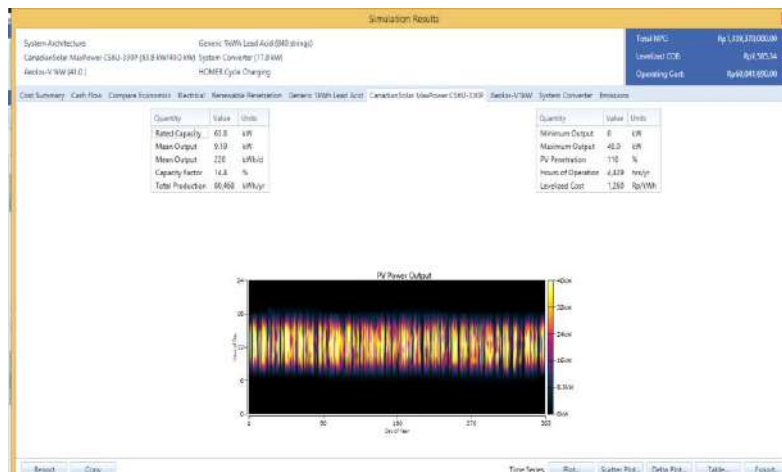
$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel} &= \frac{P \text{ watt peak}}{P_{mpp}} \\ &= \frac{36.638}{330} \\ &= 111,02 = \mathbf{112 \text{ panel}} \end{aligned}$$

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 hasilkan dari pembangkit listrik Hibrida PLTB dan PLTS ini adalah

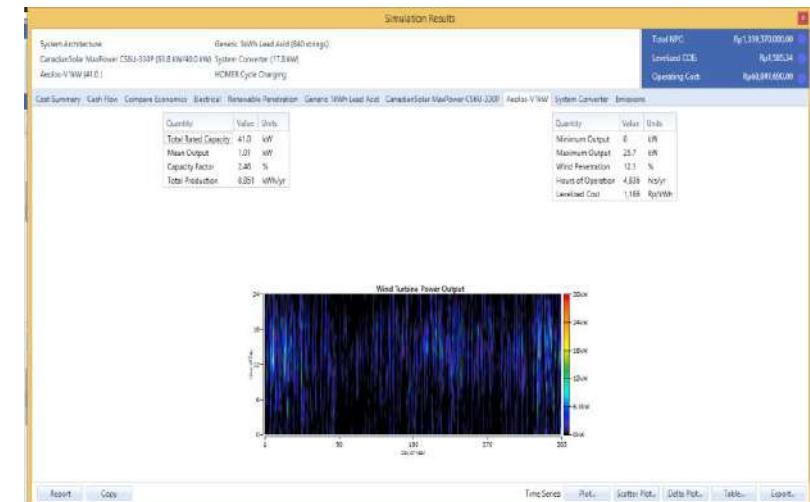
$$\begin{aligned}\text{Daya total} &= \text{Daya PLTB} + \text{Daya PLTS} \\ &= 1,022 + 36,638 \\ &= \mathbf{37,660 \text{ kW}}\end{aligned}$$

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.



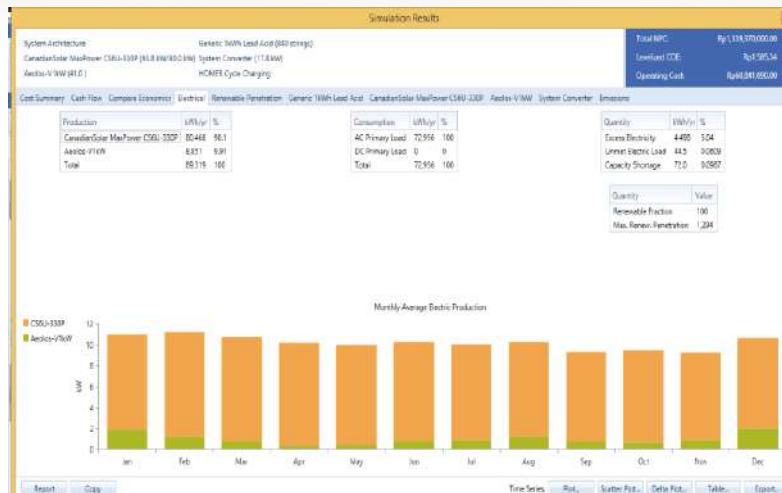
Gambar 4.1 Simulasi Produksi listrik Panel Surya

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 4.2 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 4.3 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 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi HOMER

Beban Puncak	18,44
Daya Panel Surya (Kw)	63,8
Daya Turbin Angin	41
Biaya Produksi Panel Surya (Rp/kWh)	1.260
Biaya Produksi Turbin Angin (Rp/kWh)	1.166
Biaya Produksi Energi Total (Rp/kWh)	1.585,34
NetPresent Cost (Rp)	1.339.370.000
Operation Cost	687.231.572,55
Kapital (Rp)	634.806.934,09

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

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

1. Energi listrik yang dapat dihasilkan 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. Rekomendasi

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

1. 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.
2. Dalam penelitian yang serupa diharapkan penulis selanjutnya dapat menggunakan jenis turbin angin yang berbeda dengan tingkat efektifitas yang lebih tinggi.

GLOSARIUM

Energi	Suatu kemampuan untuk melakukan kerja, daya kekuatan yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan.
Pembangkit	Seseorang yang membangkitkan suatu tenaga listrik atau alat untuk mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik.
Metode	Suatu cara yang digunakan untuk melaksanakan suatu pekerjaan agar tercapai sesuai dengan yang diinginkan.
Potensi	Sebuah kemampuan dalam memiliki kemungkinan untuk dikembangkan seperti daya, kekuatan, ataupun kesanggupan.
Listrik	Sebuah daya atau kekuatan yang ditimbulkan oleh adanya proses kimia atau gesekan untuk menghasilkan panas atau cahaya untuk menjalankan mesin.

Tubin	Suatu mesin atau motor roda penggeraknya berporos dengan baling-baling dan digerakkan oleh aliran air, uap maupun udara.
Daya	Kemampuan dalam melakukan suatu kekuatan maupun tenaga yang menyebabkan sesuatu benda menjadi bergerak dan sebagainya.
Hibrida	Suatu turunan yang dihasilkan dari perkawinan antara dua jenis yang berlainan baik tentang hewan atau tumbuhan dan lainnya.

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*.
- 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.

INDEKS

A

Aliran, 46, 51, 90
Angin, vi, vii, 25, 26, 40,
41, 42, 43, 44, 45, 46,
48, 49, 50, 52, 64, 68,
71, 83, 85, 91, 92, 93
Arus, 22, 29, 32, 33, 34,
35, 37, 42, 57, 60, 64

D

Data, 21, 28, 44, 61, 64,
65, 71, 72, 74, 77, 78,
81, 84
Daya, vii, 17, 29, 34, 35,
60, 73, 74, 77, 78, 81,
82, 84, 85, 90, 92

E

Energi, v, vi, 17, 18, 22,
24, 27, 44, 46, 47, 85,
87, 89, 91, 92, 93

G

Generator, 29, 46, 48, 50,
59, 74

H

Hibrida, i, iii, iv, v, vi,
vii, xiii, xv, 19, 21, 53,

54, 64, 65, 66, 67, 73,
82, 84, 90

L

Listrik, i, iii, iv, v, vi, vii,
xiii, xv, 19, 22, 24, 25,
28, 46, 53, 64, 66, 73,
89, 91, 92, 93

M

Matahari, xiii, 18, 19, 20,
21, 23, 26, 27, 28, 31,
34, 35, 36, 37, 40, 42,
43, 60, 61, 64, 65, 66,
72, 78
Metode, v, 20, 64, 65, 89,
92

P

Panel, 23, 29, 30, 32, 33,
34, 35, 38, 39, 40, 64,
65, 78, 81, 83
Partikel, 37
Pembangkit, i, iii, iv, v,
vi, vii, xiii, xv, 17, 19,
21, 25, 28, 46, 53, 54,
64, 66, 73, 87, 89, 91,
92, 93
Penelitian, 19, 20, 21, 22,
23, 24, 25, 26, 35, 54,

61, 62, 63, 64, 65, 66,
67, 68, 73, 77, 78, 87,
88

Potensi, 18, 19, 20, 21,
25, 26, 61, 65, 77, 78,
81, 87, 88

Potensi, i, iii, iv, v, vi,
xiii, xv, 19, 20, 27, 44,
45, 89, 91, 92, 93

R

Rangkaian, 30, 32, 33, 34
Realibilitas, 49

Referensi, 20, 21, 26

S

Sistem, ii, vii, 23, 24, 25,
26, 30, 31, 32, 33, 34,

35, 54, 55, 56, 57, 58,
59, 60, 64, 65, 66, 68,
73, 74, 77, 78, 79, 81,
82, 83, 84, 91

T

Teknologi, xiii, 21, 28,
29, 35, 36, 38

Tenaga, xiii, 18, 19, 20,
21, 22, 26, 27, 28, 29,
35, 45, 46, 48, 49, 51,
53, 54, 61, 62, 65, 66,
73, 78, 84, 87, 89, 90

Tubin, 90

Z

Zat, 38, 51

TENTANG PENULIS



Dr. Muhammad Fitra Zambak. Lahir di Kota Sibolga, 27 Mei 1987. Penulis beragama muslim dan sudah menikah. Alamat tempat tinggal penulis di Jalan MS. Sianturi Gg. Nelayan, Kelurahan Aek Habil, Kota Sibolga, Sumatera Utara dan di Jalan Walet 5, No. 190. Perumnas Mandala, Kecamatan Medan Denai, Kota Medan.

Penulis pernah menyelesaikan Sekolah Dasar di SDN 081236 Kota Sibolga pada tahun 1993-1999. Lalu melanjutkan studi ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN3 Kota Sibolga pada tahun 1999-2002. Selanjutnya penulis melanjutkan ke SMK-TI N1 Sibolga Tapanuli Tengah dengan mengambil jurusan Teknik Elektro pada tahun 2002-2005. Selanjutnya penulis melanjutkan studi ke tingkat perguruan tinggi. Penulis menyelesaikan studi S-1 di Institute Teknologi Medan dengan mengambil jurusan Teknik Elektro pada tahun 2005-2009 sehingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Selanjutnya penulis menempuh Pendidikan S-2 di Universiti Malaysia Perlis pada tahun 2011-2013 dan berhasil mendapatkan gelar M.Sc.. Terakhir, penulis menyelesaikan Pendidikan S-3 di Universiti Malaysia Perlis pada tahun 2014-2016 dan mendapatkan gelar P.hD.



Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, Lahir di Kota Medan, 17 April 1961. Penulis beragama Islam dan sudah menikah. Alamat tinggal, Jl. Murni Gg Setiakawan No.15-D, Kelurahan Tanjung Rejo, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar (SD) Muhammadiyah pada tahun 1967-1974, Lalu melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Muhammadiyah pada tahun 1975-1978, selanjutnya melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Pancabudi pada tahun 1978-1981, Lalu melanjutkan ke Perguruan Tinggi di Institut Teknologi Medan (ITM) pada tahun 1981-1986 pada Jurusan Teknik Elektro. Selanjutnya melanjutkan ke Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 1993-1995 pada bidang Elektroteknik, selanjutnya melanjutkan ke Pendidikan S3 di Universiti Malaysia Perlis pada tahun 2013-2016 dengan gelar P.hD atau Doktor (Dr).

TENTANG EDITOR



Muhammad Arifin, SPd, MPd, kelahiran Bandar Klippa, 26 Juni 1977. Pria yang saat ini sedang menempuh pendidikan akhir di Program Doktor Manajemen Pendidikan (MP) Sekolah Pascasarjana Unimed aktif mengajar di FKIP UMSU. Aktif menulis sejumlah buku tentang bahan ajar komputer dan pendidikan. Keprihatinan terhadap SDM calon guru yang dinilai belum optimal siap dalam penguasaan teknologi mendasari lahirnya buku sederhana ini. Karya yang dihasilkan buku “Microsoft Office 2007” (Format Publisihing), “E-Learning; Edmodo Go Blog” (2017, UMSU Press) dan “Manajemen Pendidikan Masa Kini (2017, UMSU Press), “Microsoft Word dan Excel untuk Penulisan Karya Ilmiah (Skripsi)” (2019, Prenadamedia Group), “E-Learning Berbasis Edmodo” (Deepublish, 2019). Saat ini sedang menyelesaikan studinya di Sekolah Pascasarjana Unimed Program Studi Manajemen Pendidikan (S3). Aktif menjadi editor di UMSU Press dan Format Publishing.



Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu

Buku Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu yang ditulis oleh Muhammad Fitra Zambak dan Suwarno ini berbicara tentang upaya pengembangan sumber energi campuran yang berasal dari tenaga sinar matahari dan kekuatan angin untuk menghidupi masyarakat yang ada di pesisir pantai labu Sumatera Utara. Buku akan menyajikan prosedur dan proses dalam mengembangkan pembangkit listrik tersebut. Tentu saja akan bermanfaat bagi para praktisi, akademisi dan masyarakat itu sendiri.

Pengembang teknologi yang efisien dan ramah lingkungan ini tentunya harus terus didukung oleh semua pihak, terutama pemerintah untuk menciptakan ketahanan sumber energi yang berkelanjutan. Sudah saatnya dunia beralih kepada segala hal yang dapat merusak atmosfir dan ekosistem alam. Maka dari itu para pelaku bisnis, penggiat lingkungan hidup, teknisi dan pemerintah itu sendiri harus mau bahu membahu dalam mewujudkannya. Kesampingkan ego dan keuntungan pribadi, demi kemajuan peradaban bangsa.



Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3
Medan, Sumatera Utara
Website: <http://umsupress.umsu.ac.id/>
Email: umsupress@umsu.ac.id



SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202268997, 27 September 2022

Pencipta

Nama : **Dr. Muhammad Fitra Zambak, ST., M.Sc dan Ir. Suwarno, MT**
Alamat : **Jl. MS Sianturi Gg. Nelayan, Aek Habil, Sibolga Selatan, Sibolga ,
SUMATERA UTARA, 22533**
Kewarganegaraan : **Indonesia**

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Muhammad Fitra Zambak, ST., M.Sc dan Ir. Suwarno, MT**
Alamat : **Jl. MS Sianturi Gg. Nelayan, Aek Habil, Sibolga Selatan, Sibolga ,
SUMATERA UTARA, 22533**
Kewarganegaraan : **Indonesia**
Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Di Pesisir Pantai
Labu**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk : **3 Januari 2022, di Medan**
pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar
wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : **Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70
(tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung
mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.**

Nomor pencatatan : **000384736**

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XII/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://lppm.umsu.ac.id>

lppm@umsu.ac.id

[umsu](https://www.facebook.com/umsu)

[umsu](https://www.instagram.com/umsu)

[umsu](https://www.twitter.com/umsu)

[umsu](https://www.youtube.com/umsu)

SURAT VALIDASI PENELITIAN

Nomor : 125/II.3-AU/UMSU-LP2M/F/2023

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Syaiful Amri Saragih, S.P., M.Sc
NIDN : 0113098704
Jabatan : Ketua LPPM UMSU

Dengan ini menerangkan bahwa telah melaksanakan Penelitian Hibah Dikti dengan luaran Buku Ber ISBN dan HKI, atas nama :

Nama : Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc
NIDN : 0127058701
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Unit Kerja : Magister Teknik Elektro Pascasarjana UMSU

Adapun Judul Penelitian :

Judul	Tahun	No Kontrak	Dana (Rp)
Penelitian Hibah DIKTI			
Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Matahari Pada Pesisir Pantai Labu Sumatera Utara	2022	198/II.3-AU/UMSU-LP2M/C/2022	102.800.000
Laporan Lengkap Penelitian Hibah DIKTI melalui web resmi BIMA KEMDIKBUD yaitu : https://bima.kemdikbud.go.id/ Username : 0127058701 Password : 026398			
Dan Full url link Kontrak dan Laporan Akhir juga bisa diakses di link ini : https://drive.google.com/file/d/1zMOwsdmSLmw7cSxP8zN7PmZeBYtciQT4/view?usp=sharing			

Adapun Luaran Penelitian :

Luaran Penelitian	Tahun	Jenis Luaran	Link url
Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu. ISBN: 978-623-408-207-4, e-ISBN: 978-623-408-208-1 (PDF). Penerbit: UMSU Press Anggota IKAPI. Cetakan Pertama; September 2022	2022	Buku Monograf	https://umsupress.umsu.ac.id/produk/potensi-pembangkit-listrik-tenaga-hibrida-di-pesisir-pantai-labu/
HAKI No.EC002022688997 No Pencatatan 000384736. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pesisir Pantai Labu	2022	HAKI	https://drive.google.com/file/d/1n8kLMeaA8VLQkHyQipngIEQ-Q4NaaELN/view?usp=sharing





UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XII/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://lppm.umsu.ac.id>

lppm@umsu.ac.id

[umsu](https://www.facebook.com/umsu)

[umsu](https://www.instagram.com/umsu)

[umsu](https://www.twitter.com/umsu)

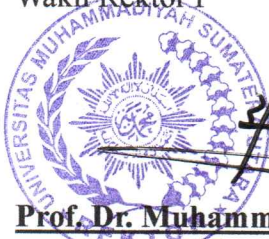
[umsu](https://www.youtube.com/umsu)

1. Adalah benar Penelitian Hibah Dikti tahun 2022 tersebut diatas telah selesai di laksanakan dan luaran Penelitian tersebut diatas hasil karya dari dosen yang tersebut diatas itu sendiri atau bukan hasil plagiat karya orang lain dan diajukan sebagai **Syarat Tambahan** bahan penilaian penetapan angka kredit dan kenaikan jabatan fungsional ke Guru Besar.
2. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa Penelitian dan luaran Penelitian ini bukan hasil karya dosen tersebut diatas atau plagiat hasil karya orang lain, maka yang bersangkutan bersedia menerima sanksi dan dapat di tuntutan sesuai ketentuan perundang undangan yang berlaku.

Demikian Surat Validasi ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Mengetahui,
Wakil Rektor I



Prof. Dr. Muhammad Arifin, S. H., M. Hum.
NIP. 19570113.198303.1.002

Medan, 11 Agustus 2023



Dr. Swainful Amri Saragih, S. P., M. Sc.
NIDN. 0113098704

