

TUGAS AKHIR

**ANALISIS POTENSI ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE HOMER (STUDI KASUS : KAB. SIMEULUE, PROV. ACEH)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RIZKI ANRIS ANANDA

1607220050



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Rizki Anris Ananda
NPM : 1607220050
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis potensi energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan software homer (studi kasus: kab. Simeulue, prov. Aceh)
Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan (E.B.T)

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

Medan Oktober 2023

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Zulukar, S.T., M.T

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Noorly Evalina, S.T.,M.T

Elvy Sahnur Nasution S.T.,M.Pd

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Rizki Anrisa Ananda
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 14 July
1998
NPM : 1607220050
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

**“ANALISIS POTENSI ANGIN SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN
MENGUNAKAN SOFTWARE HOMER**

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

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

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

Medan, Oktober 2023

Saya yang menyatakan,

Rizki Anris Ananda

ABSTRAK

ANALISIS POTENSI ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER (STUDI KASUS : KAB. SIMEULUE, PROV. ACEH)

RIZKY ANRIS ANANDA

1607220050

Untuk membuat ataupun menggunakan pembangkit listrik tenaga angin memerlukan biaya yang cukup mahal mulai dari turbin, baterai, charger controller, inverter dan generator. Maka dari itu sebelum menggunakan pembangkit listrik tenaga angin alangkah lebih baik untuk tempat lokasi pemasangan dianalisa terlebih dahulu potensi energi angin yang dihasilkan. Hal ini bertujuan untuk menguji kelayakan lokasi tersebut untuk dipasang pembangkit listrik tenaga angin. Dari data yang diperoleh dapat dilihat dari 5 titik lokasi penelitian kecepatan angin yang dihasilkan oleh masing – masing tempat yaitu tidak mencapai 5 m/s. rata – rata dari data sampel yang diambil yaitu hanya sebesar 3,5 m/s, dimana nilai angin tersebut tidak kecil dan juga tidak terlalu besar. 2. Dengan rata – rata kecepatan angin yang relatif kecil, maka daya spesifik yang dihasilkan memiliki rata – rata sebesar 25,725 Watt/m² . Dengan masa udara rata – rata 48,02 kg/s dan energi kinetik yang dihasilkan sebesar 294,12 Joule. Maka daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin yang diasumsikan berkapasitas 1 kW sebesar 304,32 Watt. 3. Pembangkit listrik tenaga angin pada Kabupaten Simeulue aceh memiliki potensi angin yang kurang baik dikarenakan tingkat kecepatan angin dan energi yang dihasilkan relatif normal.

Kata Kunci : PLTB, Turbin Angin, Energi baru terbarukan, HOMER

ABSTRACT

POTENTIAL ANALYSIS OF WIND ENERGY AS AN ALTERNATIVE ENERGY WIND POWER GENERATION BY USING HOMER SOFTWARE (CASE STUDY : SIMEULUE REGENCY, ACEH)

RIZKY ANRIS ANANDA

1607220050

Making or using wind power plants requires quite expensive costs, starting from turbines, batteries, charger controllers, inverters and generators. Therefore, before using a wind power plant, it would be better for the installation location to first analyze the potential of the wind energy produced. This aims to test the feasibility of the location to install a wind power plant. From the data obtained, it can be seen from the 5 research locations that the wind speed generated by each place does not reach 5 m/s. the average of the sample data taken is only 3.5 m/s, where the wind value is neither small nor too large. 2. With a relatively small average wind speed, the specific power produced has an average of 25.725 Watt/m². With an average air mass of 48.02 kg/s and a generated kinetic energy of 294.12 Joules. Then the power that can be generated by the turbine which is assumed to have a capacity of 1 kW is 304.32 Watt. 3. Wind power plants in Simeulue Aceh Regency

have unfavorable wind potential due to the relatively normal level of wind speed and energy generated.

Keywords: PLTB, Turbine, Renewable Energy, HOMER

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“ANALISIS POTENSIS ENERGI ANGIN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER (STUDI KASUS: KAB. SIMEULUE, PROV. ACEH)

NELAYAN”. Shalawat dan Salam takluput penulis hantarkan kepada Rasulullah SAW, dengan segala keteladanan yang ada pada-Nya. Tujuan penulisan Tugas

Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan tingkat sarjana strata satu Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Terselesaikannya tugas akhir ini tentu tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

- 1) Ayahanda Amri dan ibunda Anisah tercinta selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan nasihat, dorongan, motivasi, doa dan dukungan selama ini dalam proses pengerjaan dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 2) Bapak Dr. Agussani, M.AP sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 3) Bapak Munawar Alfansury Siregar ,ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 4) Bapak Faisal Irsan Pasaribu,ST.,MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik/Dosen Pembimbing, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- 5) Ibu Elvy Sahnur Nasution, ST., M.Pd selaku Seketaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik/Dosen Pembanding 2, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- 6) Bapak Muhammad Adam , S.T., M.T, selaku Dosen Pembanding I yang telah memberi koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 7) Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
- 8) Seluruh Pegawai dan Laboratorium Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 9) Teman seperjuangan Program Studi Teknik Elektro kelas A2 Siang, terima kasih teman-teman sekelas yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dan supportnya.
- 10) Dan semua pihak yang tidak mungkin dapat saya sebutkan satu persatu sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa karya tulis Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya semoga karya tulis Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan sumbangan pada perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Medan, 2023
Penulis

Rizki Anris Ananda

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematikan Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tjjauan Pustaka Relevan	6
2.2. Landasan Teori	11
2.2.1. Pengertian PLTB	11
2.2.2. Mekanisme Turbin.....	14
2.2.3. Diagram Blok PLTB.....	17
2.2.4. Sistem Kerja PLTB.....	17
2.2.5. Generator Arus Searah (DC)	19
2.2.6. Charge Controller	20
2.2.7. Inverter	21
2.2.8. Baterai.....	27
BAB 3 METOE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat	30
3.2 Diagram Blok Pembangkit	31
3.3 Bagan Alir Penelitian.....	32
3.5 Metode Pengumpulan Data	33

3.6 Metode Pengolahan Data	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Potensi Kecepatan Angin	34
4.2 Pemilihan Teknologi Turbin	38
4.3 Simulasi Pada HOMER	50
BAB 5 PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai Negara berkembang, Indonesia memiliki kebutuhan energi yang terus meningkat. Kenaikan rata-rata kebutuhan energi ini mencapai 7 % pertahun. Sebagiaian besar atau sekitar 75 % dari kebutuhan energi ini dipasok oleh bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Akan tetapi, ketersediaan bahan bakar fosil terus berkurang dan menimbulkan polusi yang berbahaya bagi lingkungan. Mengingat kebutuhan energi yang terus meningkat dan mendesak serta pentingnya menjaga kelestarian lingkungan, maka pemanfaatan energi terbarukan seperti energi matahari, panas bumi, biomassa dan angin menjadi solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi ini.

Salah satu kebutuhan energi yang sangat dasar adalah energi listrik. Energi listrik memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan hidup. Kebutuhan energi listrik diperkirakan mengalami peningkatan rata-rata 6,5% pertahun hingga tahun 2020. Hal ini karena penggunaan jumlah peralatan elektronika yang mengkonsumsi energi listrik semakin hari semakin bertambah mulai dari sektor rumah tangga, instansi pemerintah hingga sektor industri. Sehingga menyebabkan kebutuhan energi listrik semakin besar.

Demikian juga kebutuhan energi listrik di Kabupaten Simeulue Aceh setiap tahun selalu bertambah yang disebabkan oleh bertambahnya infrastruktur sarana prasarana masyarakat. Selama ini kebutuhan energi listrik dipasok oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Oleh karena itu untuk mengurangi kebergantungan terhadap PLN, Masyarakat harus mampu memanfaatkan energi terbarukan sebagai energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang jumlahnya sangat melimpah dan ramah lingkungan adalah energi angin.

Angin adalah sumber energi yang tersedia cukup berlimpah di alam. Pemanfaatannya telah dimulai sejak tahun 5000 SM untuk menggerakkan balingbaling perahu di Sungai Nil. Tahun 200 SM, Cina telah memanfaatkan energi angin untuk pompa air, dan di Timur Tengah telah dimanfaatkan untuk menggiling bijibijian. Pada abad ke-20, energi angin telah banyak dimanfaatkan untuk pengolahan makanan, pompa air, dan pembangkit listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin) merupakan pembangkit listrik yang sangat ramah lingkungan. Penerapannya bisa dalam bentuk wind farm ataupun stand alone, baik

yang terhubung ke dalam grid maupun tidak. PLT Angin sangat cocok diterapkan pada lokasi terpencil maupun yang telah mempunyai grid. Keberadaan dan kelangsungan suatu PLT Angin ditentukan oleh pemilihan lokasi (sitting) yang tepat berdasarkan data angin yang akurat dan berlaku sepanjang waktu guna (service life) mesin turbin angin. Oleh sebab itu studi potensi angin sepanjang tahun pada lokasi yang mempunyai potensi merupakan sesuatu yang mutlak dilakukan sebelum diputuskan untuk membangun PLT Angin.

Untuk membuat ataupun menggunakan pembangkit listrik tenaga angin memerlukan biaya yang cukup mahal mulai dari turbin, baterai, charger controller, inverter dan generator. Maka dari itu sebelum menggunakan pembangkit listrik tenaga angin alangkah lebih baik untuk tempat lokasi pemasangan dianalisa terlebih dahulu potensi energi angin yang dihasilkan. Hal ini bertujuan untuk menguji kelayakan lokasi tersebut untuk dipasang pembangkit listrik tenaga angin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Berapa rata – rata kecepatan angin pada lokasi penelitian setiap harinya?
2. Berapa daya yang dapat dihasilkan PLTB pada kecepatan angin yang dihasilkan ?
3. Bagaimana Potensi Lokasi Penelitian apabila dipasang pembangkit listrik tenaga angin?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui rata – rata kecepatan angin yang dihasilkan pada Lokasi penelitian.
2. Untuk mengetahui daya yang dapat dihasilkan dari energi angin pada Lokasi penelitian.
3. Untuk mengetahui potensi energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik tenaga angin pada Lokasi penelitian.

1.4 Ruang Lingkup

Untuk memperjelas masalah yang akan di bahas dan agar tidak menjadi pembahasan yang meluas dan menyimpang, maka perlu kiranya ruang lingkup masalah yaitu sebagai berikut :

1. Membahas Potensi Energi Angin pada lokasi penelitian
2. Membahas potensi pemanfaatan PLTB dengan angin yang ada pada lokasi penelitian

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian skripsi ini dapat memberikan suatu penyelesaian yaitu sebagai berikut:

1. Memahami dan melakukan analisis potensi PLTB pada lokasi penelitian
2. Memanfaatkan energi baru terbarukan pada lokasi penelitian

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini di uraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mmenjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan di dalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang

penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem proteksi berbasis arduino tersebut.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dai langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Menurut (Rimbawati, 2019) Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbinyang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Sudah sejak dahulu angin berjasa bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah para nelayan. Selain itu, turbin angin pada awalnya juga dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah - daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang

tahun. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negaranegara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Pengkajian potensi angin harus dilakukan dengan baik guna memperoleh suatu sistem konversi angin yang tepat. Pengkajian potensi angin pada suatu daerah dilakukan dengan cara mengukur serta menganalisa kecepatan maupun arah angin. Dasar dari alat untuk merubah energi angin adalah kincir angin. Meskipun masih terdapat susunan dan perencanaan yang beragam, biasanya kincir angin digolongkan menjadi dua tipe (horisontal dan vertikal) dan yang paling banyak digunakan adalah kincir jenis horisontal. Kincir jenis ini mempunyai rotasi horisontal terhadap tanah (secara sederhana yaitu sejajar dengan arah tiupan angin).

Prinsip dasar kincir angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadidengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desainbatangkincir. Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin. Untuk mendesain sebuah kincir angin, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang harus dipertimbangkan yaitu berapa besar daya yang kita butuhkan, kemudian kecepatan angin, setelah itu yang tidak kalah penting yaitu berapa jumlah blade (bilah kincir) yang harus digunakan, dan masih banyak hal teknis lainnya.

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbinyang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Sudah sejak dahulu angin berjasa bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah para nelayan. Selain itu, turbin angin pada awalnya juga dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah - daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang tahun. Turbin

angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negaranegara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Pengkajian potensi angin harus dilakukan dengan baik guna memperoleh suatu sistem konversi angin yang tepat. Pengkajian potensi angin pada suatu daerah dilakukan dengan cara mengukur serta menganalisa kecepatan maupun arah angin. Dasar dari alat untuk merubah energi angin adalah kincir angin. Meskipun masih terdapat susunan dan perencanaan yang beragam, biasanya kincir angin digolongkan menjadi dua tipe (horisontal dan vertikal) dan yang paling banyak digunakan adalah kincir jenis horizontal. Kincir jenis ini mempunyai rotasi horisontal terhadap tanah (secara sederhana yaitu sejajar dengan arah tiupan angin). (Rimbawati, 2019)

Dalam penelitian (Ibrahim Nawawi,2016) yang menggunakan metode eksperimen menunjukkan hasil penelitian kincir angin mampu mengikuti datangnya arah angin sehingga hasil yang diperoleh cukup maksimal. Adapun hasil pengukuran angin yang berlokasi didepan gedung laboratorium jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar diperoleh rata-rata kecepatan angin sebesar 1,53 m/s dan tidak mampu menghasilkan tegangan keluaran, sedangkan untuk penempatan lokasi kincir diatas gedung lantai 4 Fakultas Ekonomi Universitas Tidar rata-rata kecepatan angin diperoleh 5,52 m/s dan dapat menghasilkan tegangan keluaran 78,47 Volt Ac. Generator akan menghasilkan tegangan keluaran minimal kecepatan angin sebesar 2,5 m/s. Daya yang dihasilkan 172 Watt dengan efisiensi daya *inverter* sebesar 80% atau 138,24 Watt. (Bertingkat, 1990)

Kemudian (Sarjono, 2020) meneliti studi eksperimen variasi jumlah sirip dan kecepatan angin terhadap unjuk kerja turbin angin sumbu vertikal tipe bilah bersirip yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sirip dan kecepatan angin terhadap unjuk kerja turbin angin sumbu verikal tipe bilah bersirip. Variabel bebas

penelitian ini adalah jumlah sirip pada bilah (7,9, dan 11) dan kecepatan angin mulai 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s. Variable terikat penelitian ini adalah unjuk kerja turbin yaitu BPH (*Break Horse Power*), torsi dan efisiensi. Sedangkan variable terkontrolnya adalah jumlah bilah pada turbin angin tipe bilah bersirip sebanyak 3 buah dengan tinggi $2,5 \times 10^{-1}$ m dan lebar 6×10^{-2} m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jumlah sirip pada bilah sirip yang berbeda-beda berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin angin tipe bilah bersirip. BHP dan torsi maksimal diperoleh pada penggunaan bilah bersirip 7 buah pada kecepatan angin 8 m/s. Daya yang dihasilkan sebesar 0,04 watt dengan torsi sebesar 0,043 Nm. Sedangkan efisiensi maksimal adalah 0,27%. Efisiensi maksimal pada penggunaan bilah bersirip 7 dengan kecepatan angin 6 m/s.(Lestari & Mesin, 2020)

Adapun penelitian oleh (Antonov Bachtiar,2018) tentang menganalisis potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di PT Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras yaitu, potensi angin dipantai ciheras memiliki potensi angin yang cukup baik untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Angin, dimana kecepatan angin berkisar diantara 3-12 m/s. Besar 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)

Berikut juga penelitian yang dilakukan oleh (Firman Aryanto,2013) pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros *horizontal* menguji performansi turbin angin poros *horizontal* dengan variasi kecepatan angin dan variasi jumlah *blade* ditinjau dari efisiensi sistem dan *Tip Speed Ratio* (TSR). Pengujian dilakukan dengan sumber angin berasal dari kipas angin dengan *Wind Tunnel* untuk mengarahkan angin. Kecepatan angin yang

digunakan terdapat 3 variasi yaitu 3 m/s, 3.5 m/s, dan 4 m/s serta variasi jumlah *blade* yaitu 3,4,5 dan 6 *blade*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai terbaik diperoleh pada kecepatan angin maksimal 4 m/s dan jumlah *blade* 5 dengan nilai 3.07% sedangkan untuk nilai terkecil diperoleh pada kecepatan angin 3 m/s dan jumlah *blade* 3 yaitu dengan nilai 0.05%. untuk nilai TSR maksimal pada kecepatan maksimal 4 m/s terjadi pada jumlah *blade* 5 yaitu sebesar $\lambda = 2.11$, sedangkan untuk nilai terendah pada kecepatan angin 3m/s dihasilkan pada jumlah *blade* 3 sebesar $\lambda = 1.49$.(Nuarsa et al., 2013)

(Bono, 2018) meneliti pembuatan turbin angin sumbu vertikal dengan variasi jumlah sudu dan sistem buka-tutup sirip, ini merupakan suatu alat konveksi energi yang mengubah energi gerak dari sudu turbin menjadi energi listrik. Tujuan ini adalah untuk membuat turbin angin sumbu vertikal tipe sudu bersirip dengan jumlah variasi jumlah sudu dan menguji kinerja turbin angin tersebut. Pada penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif dengan cara mengumpulkan data. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah sudu 2,3,4,5,6 dan kecepatan angin 7 m/s, 8 m/s, 9 m/s, 10 m/s, 11 m/s, 12 m/s. Variable terikat pada penelitian ini adalah unjuk kerja turbin angin sumbu bersirip yaitu daya kinetik, Daya generator dan efisiensi. Sedangkan variabel terkontrolnya adalah jumlah sudu turbin angin tipe sudu bersirip sebanyak 6 buah dengan tinggi 600 mm dan lebar 300 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian menggunakan jumlah sudu yang berbeda beda mempengaruhi unjuk kerja turbin angin tipe bersirip. Efisiensi system tertinggi diperoleh pada jumlah sudu 3 sebesar 1,409% pada kecepatan 11 m/s. Daya tertinggi pada turbin angin diperoleh dengan jumlah sudu 6 sebesar 6,6 watt pada kecepatan angin 12 m/s dengan putaran generator 202,92 rpm pada beban 30 watt. Berdasarkan analisa, efisiensi maksimal turbin

angin hanya dapat dicapai jika intensitas angin konstan sehingga menghasilkan tegangan dan arus yang besar.(Sudu & Sistem, 2018)

Kemudian (S.W. Widyanto, 2018) meneliti pemanfaatan tenaga angin sebagai pelapis energi surya pada pembangkit listrik tenaga hibrid dipulau wangiwangi dengan tujuan untuk mengetahui kecepatan angin di Pulau wangi-wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara, khusus saat ini intensitas radiasi matahari menurun, sehingga bisa diketahui apakah pemanfaatan tenaga angin sebagai pelapis energi surya merupakan langkah yang efektif atau tidak. Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik non statistik menggunakan grafik. Hasil pengolahan data mengungkapkan bahwa rata-rata kecepatan angin maksimal sebesar 2,847 m/s, sehingga potensi daya listrik maksimal sebesar 37,160 watt. Rata-rata kecepatan angin tertinggi saat malam hari sebesar 2,877 m/s dan kecepatan angin rata-rata setahun saat hujan sebesar 2,405 m/s. Kesimpulannya adalah rata-rata kecepatan angin yang dapat membangkitkan listrik (minimal 3,3 m/s), sehingga pemanfaatan energi angin sebagai pelapis energi surya pada PLTH kurang efektif, kecuali jika digunakan turbin angin yang bisa bekerja dengan kecepatan angin rendah. Adapun faktor lain yang mempengaruhi kancangnya bertiup adalah panjangnya siang dan malam. Bila dirasakan kecepatan angin pada waktu siang dan malam berbeda . Angin bertiup lebih cepat pada siang hari dibandingkan dengan malam hari. Panjang siang dan malam pada beberapa daerah tidak sama sehingga menyebabkan tekanan udara maksimum dan minimum berubah-ubah. Akibatnya,arah aliran udara tidak tetap atau tidak menentu.(Wangiwangi et al., 2018)

(Adityo Barik A Dkk,2019) meneliti pula rancang bangun turbin angin poros *horizontal double multifat blade* dengan tujuan penelitian membandingkan kinerja

turbin angin poros *horizontal single multiflat blade* dengan turbin angin poros *horizontal double multiflat blade* perlakuan sisi masuk dan perlakuan sisi keluar. Pengujian turbin angin *single multiflat blade* dilakukan dengan kecepatan angin 5 m/s, 7 m/s, dan 9 m/s dengan sudut *blade* 35°, 38°, 40°, 43° dan 45°. Berdasarkan pengujian turbin angin poros *horizontal double multiflat blade* dibuat dengan sudu *flat* yang terbuat dari besi plat dengan ketebalan 0,9 mm, panjang sudu sebesar 300 mm, dan lebar sudu sebesar 100 mm. bagian sisi masuk sudu dibuat dengan lebar 20 mm, sedangkan sisi keluar sudu dibuat dengan lebar 10 mm. Turbin ini mempunyai tinggi sebesar 1,205 m dengan diameter sapuan sudu sebesar 83 cm. Dengan efisiensi sistem tertinggi pada pengujian turbin angin *single multiflat blade* untuk masing-masing kecepatan adalah 4,87% (kecepatan 5 m/s, sudut *blade* 35°), dan 8,397% (kecepatan 5 m/s, sudut *blade* 40°). Efisiensi sistem tertinggi pada pengujian turbin angin *double multiflat blade* perlakuan sisi keluar dengan sudut *blade* 40° untuk kecepatan 5 m/s, 7 m/s, dan 9 m/s masing-masing sebesar 3,62%, 10,11% dan 11,74%. Sedangkan efisiensi sistem pada pengujian turbin angin *double multiflat blade* perlakuan sisi masuk dengan sudut *blade* 40° untuk kecepatan 5 m/s, 7 m/s, dan 9 m/s masing-masing sebesar 2,11%, 5,304% dan 5,16%. (Ksergi, 2019)

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pengertian PLTB

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau biasa disebut PLTB merupakan salah satu energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan. PLTB memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibanding dengan energi listrik terbarukan lainnya. Angin adalah salah satu sumber yang diperlukan untuk alat ini. Mengingat Indonesia merupakan negara yang sangat besar memiliki potensi tenaga angin menjadikan pembangkit

listrik tenaga angin salah satu solusi yang tepat dalam mengatasi masalah keterbatasan energi. Angin dimanfaatkan untuk memutar bagian yang bergerak. Dimana energi angin dikonversikan menjadi mekanik dan diubah kembali menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan maka dapat ditransmisikan dan didistribusikan untuk kebutuhan pelanggan-pelanggan listrik.(Fachri, 2017)

PLTB adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi angin menjadi energi listrik. Angin merupakan udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Daya yang dihasilkan energi angin dirumuskan sebagai berikut,

$$P = k.F.A.E. v^3 \dots \dots \dots (1)$$

Dengan p = daya (kw)

$$K = \text{Konstanta} = 1,37.10^{-5}$$

$$F = \text{faktor} = 0,5926$$

$$E = \text{efisiensi rotor dan peralatan lain} \quad v =$$

kecepatan angina (m/det) (Desrizal & Rosma, 2014)

Salah satu isu terpenting dalam pengembangan energi angin adalah pengukurannya. Metode pengukuran yang tepat harus dilakukan agar data energi angin dapat diperoleh secara valid, khususnya kecepatan angin. Ini sangat penting untuk pemilihan teknologi yang akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Kondisi cuaca yang selalu berubah sehingga kecepatan angin yang diperoleh tidak konstan dan cenderung rendah mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan kurang optimal.

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali.

Proses pemanfaatan energi melalui dua tahapan konversi yaitu :

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu - sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

E : energi kinetic (joule)

M : Masa udara (Kg)

V : Kecepatan Angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan satu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m^2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A.v.\rho \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

m : massa udara yang mengalir (kg/det)

A : luas penampang (m^2) V : kecepatan angin (m/det) ρ : kerapatan udara (kg/m^3)

dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan energi angin

yaitu :

Mencari Daya Spesifik :

$$P_s = \frac{1}{2} v^3 \rho \dots\dots\dots(4)$$

Daya yang dihasilkan Turbin :

$$P = \frac{1}{2} A v^3 \rho \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

P_s : daya spesifik (Watt/m²)

P : daya yang dapat dihasilkan turbin (Watt)

A : luas penampang (m²)

v : kecepatan angin (m/det)

ρ : kerapatan udara 1,2 (kg/m³)

2.2.2. Mekanisme Turbin

Mekanisme turbin pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik keunit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel *transmisi* dan didistribusikan kerumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya. Berikut jenis turbin angin :

- a) Turbin Angin Sumbu *Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine)*



Gambar 2.1 Turbin Angin Sumbu *Horizontal*

Turbin angin *horizontal* memiliki poros rotor utama dan generator listrik dipuncak menara. Kincir berukuran kecil diarahkan oleh sebuah balingbaling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan kincir yang berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan kesebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi dibelakangnya, kincir biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah kincir dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan didepan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

b) Turbin Angin Sumbu Vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine*)

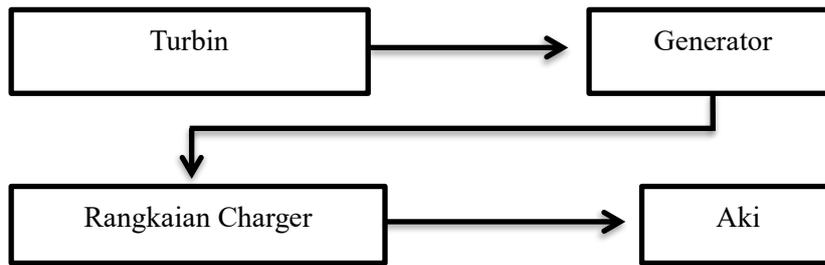


Gambar 2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah kincir tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna ditempat tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta *gearbox* bisa ditempatkan didekat 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. (Lubis, 2018)

2.2.3. Diagram Blok Alat

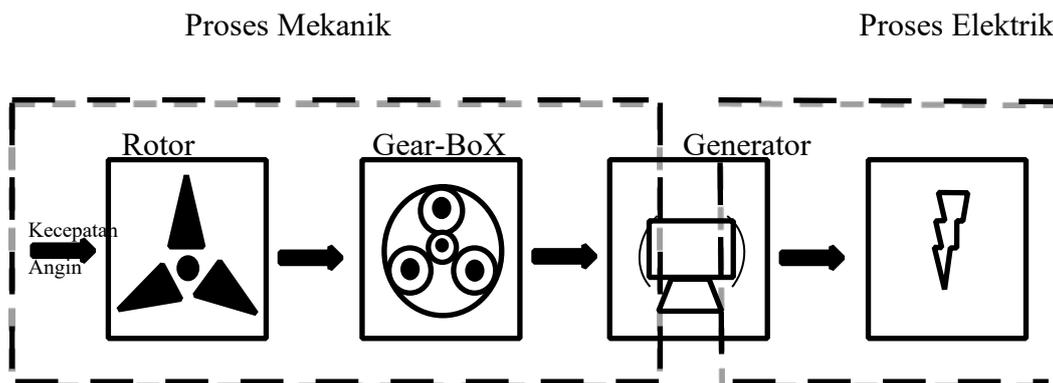
Berikut ini diagram blok dari pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin ventilator.



Gambar 2.3 Diagram Blok Alat

2.2.4. Sistem Kerja PLTB

PLTB secara umum adalah suatu sistem pembangkit listrik yang dapat mengkonversikan energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik. Secara umum PLTB terbagi menjadi 4 bagian, yaitu rotor turbin, *gearbox*, generator dan pembebanan. Prinsip kerja PLTB adalah mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik dari putaran baling-baling yang dapat memutar rotor. Putaran rotor relatif lambat sehingga PLTB secara umum menggunakan *gearbox* untuk mempercepat laju putaran rotor. Setelah itu generator mengubah putaran dari *gearbox* tersebut menjadi energi listrik



Gambar 2.4 PLTB secara umum

Energi kinetik pada suatu turbin angin dapat dirumuskan seperti pada persamaan berikut :

$$Ek = \frac{1}{2} mv^2 \dots \dots \dots (6)$$

E_k = Energi kinetik (*joule*),

m = massa udara (kg), v =

kecepatan angin (m/s).

Laju aliran massa dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$m = \rho Av, \dots \dots \dots (7)$$

dengan nilai: ρ = massa jenis angin (kg/m³) (ketetapan $\rho = 1,225$ kg/m³)

A = luas penampang turbin (m²) bisa ditulis ($A = \pi r^2$).

Dari persamaan (2) dan (3) dapat diperoleh daya angin seperti persamaan berikut :

$$p_a = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots \dots \dots (8)$$

dengan nilai:

p_a = daya angin (watt).

Persamaan (4) merupakan teori perhitungan daya pada turbin angin yang hanya memperhitungkan luas penampang turbin angin yang menyapu turbin. Sedangkan untuk memperhitungkan kemampuan turbin dalam mengekstraksikan angin yaitu menggunakan efisiensi kerja turbin yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$C_p = p_m / p_a$$

dengan nilai: P_m = daya mekanik (watt)

C_p = koefisien daya pada turbin angin,

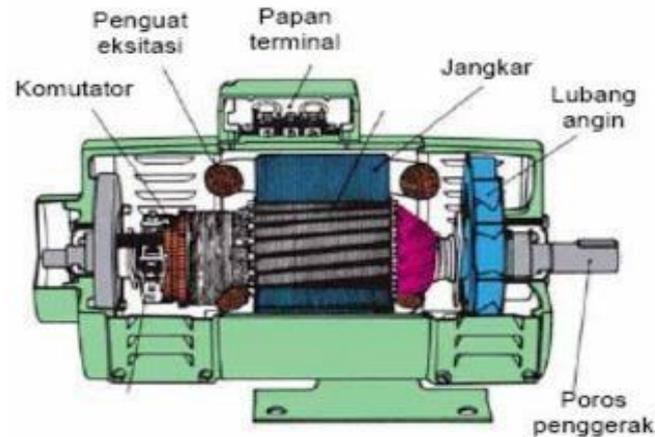
Efisiensi kerja turbin tidak dapat melebihi 0,593, hal tersebut dikenal sebagai *limit betz*. Dengan menggabungkan persamaan (3), (4) dan efisiensi kerja turbin maksimal, maka dapat dituliskan seperti persamaan berikut :

$$P_{maks} = 0,2965 C_p = \rho A v^3, \dots \dots \dots (9)$$

Dengan nilai: P_{maks} = daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi

ideal.(Iqbal et al., n.d.)

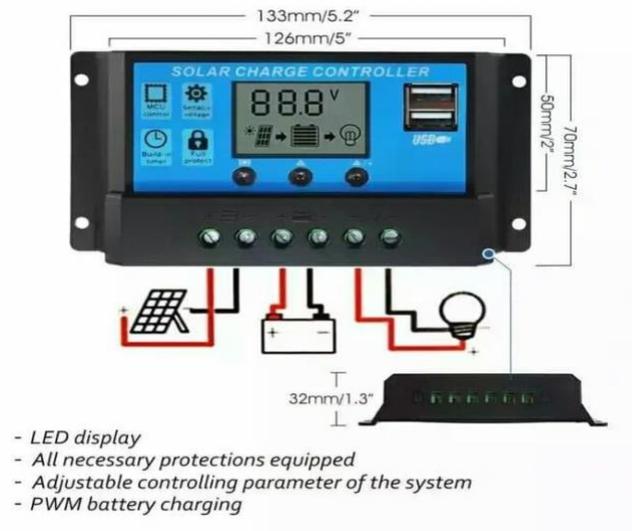
2.2.5. Generator Arus Searah (DC)



Gambar 2.5 Generator Arus Searah (DC)

Generator arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilengkapi oleh kawat penghantar. Bila kumparan kawat tersebut merupakan rangkaian tertutup, akan timbul arus induksi. Perbedaan setiap generator biasanya terletak pada komponen penyearah yang terdapat didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat.(Saputra et al., n.d.)

2.2.6. Battery Charge Controller



Gambar 2.6 *Battery Charger Controller*

Sebagai perangkat yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik ke beban dan akumulator yang dibangkitkan oleh generator. Alat ini juga memilih dan memindahkan secara otomatis, apabila pembangkit tidak mencukupi beban, maka yang menyuplai energi listrik adalah baterai. Untuk menjaga kesetimbangan energi didalam baterai, diperlukan alat pengatur elektronik yang disebut *battery charge controller*. Hal yang perlu diperhatikan dalam memilih *battery charge controller* :

1. *Voltage* 12 volt DC / 24 DC
2. Kemampuan dari *controller*. Misalnya Ampere. 10 Ampere dll
3. *Full charge* dan *low voltage cut*

Battery charge yang baik, biasanya mampu mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh, maka secara otomatis pengisian arus dari PLTB berhenti. Cara mendeteksi melalui monitor level tegangan baterai. *Battery charge controller* akan mengisi batterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan jatuh/*drop*, maka baterai akan diisi kembali. *Battery charge controller* pada umumnya terdiri dari:

- a) 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output PLTB
- b) 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki.
- c) 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load).

Arus listrik Dc yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk PLTB karena terdapat “*diode protection*” yang hanya melewatkan arus listrik DC dari PLTB ke baterai, bukan sebaliknya.(Alifyanti, n.d.)

2.2.7. Inverter



Gambar 2.7 Inverter

Inverter adalah suatu alat merubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang berupa sinyal sinus setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian *filter*. Tegangan *output* yang dihasilkan harus *stabil* baik *amplitude* tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transien serta tidak dapat diinterupsi oleh keadaan. *Inverter* merupakan rangkain yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dan *frekuensi* tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah. *Inverter* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu: *inverter* satu fasa dan *inverter* tiga fasa. Setiap jenis *inverter* tersebut dapat

dikelompokkan menjadi empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada *SCR*, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) *inverter* resonansi, (3) *inverter* komutasi bantu, (4) *inverter* komutasi komplementer. (Hutagalung et al., 2017) Beban

Dalam sistem arus bolak-balik (arus AC), karakteristik beban listrik dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu: beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Dari ketiga sifat beban listrik di atas yang paling berdampak pada sistem distribusi tenaga listrik adalah sifat dari beban induktif, karena sifat dari beban ini dapat menimbulkan gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik. Gangguan yang timbul akibat dari beban ini antara lain adalah timbulnya gelombang harmonik pada sistem distribusi tenaga listrik. Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi beberapa sektor, yaitu: sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial, dan sektor usaha. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik-karakteristik beban yang berbeda, sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing-masing konsumen di sektor tersebut. Karakteristik beban yang banyak disebut dengan pola pembebanan pada sektor perumahan, ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang sangat besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi elektrik tersebut lebih dominan di malam hari. Sedangkan pada sektor industri, fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak dengan beban rata-rata hampir mendekati satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya pada sektor komersial akan mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada waktu malam hari.

Berdasarkan jenis konsumsi energi listrik, secara garis besar, beban listrik dapat diklasifikasikan ke dalam:

a) Beban Rumah Tangga

Beban listrik rumah tangga pada umumnya berupa lampu untuk penerangan, alat-alat rumah tangga, seperti: kipas angin, pemanas air, lemari es, dan lainlain.

b) Beban Komersial

Beban komersial (bisnis) pada umumnya terdiri atas penerangan untuk *reklame*, kipas angin, penyejuk udara, dan alat-alat listrik lainnya yang diperlukan untuk restoran, hotel dan juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik disiang hari untuk beban perkantoran dan pertokoan, dan akan menurun disore hari.

c) Beban Industri

Beban industri dibedakan dalam skala kecil dan skala besar, untuk skala kecil banyak beroperasi pada siang hari sedangkan industri skala besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai dengan 24 jam.

d) Beban Fasilitas Umum

Pengklasifikasian beban ini sangat penting, artinya bila kita akan melakukan analisa karakteristik beban untuk suatu system yang sangat besar. Perbedaan yang paling prinsip dari empat jenis beban diatas, selain dari daya yang digunakan dan juga waktu pembebanannya. Pemakaian daya pada beban rumah tangga akan lebih dominan pada pagi dan malam hari, sedangkan pada beban komersial lebih dominan pada siang dan sore hari.

1. Karakteristik Beban Listrik

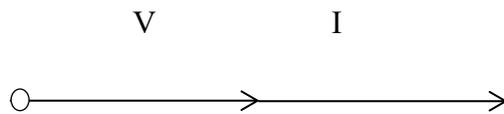
Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC) karakteristik beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu:

a) Beban Resistif (R)

Beban resistif, yaitu beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (*resistance*), seperti elemen pemanas (*heating element*) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu. Tegangan dan arus sefasa.

Persamaan daya sebagai berikut:

$$P = V.I \dots\dots\dots(1.1)$$

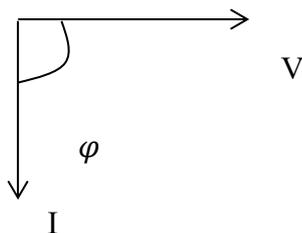


b) Beban Induktif (L)

Beban induktif, yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti: (*coil*), transformator, dan solenoid. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat tertinggal sebesar 90° terhadap tegangan (*lagging*). Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis yang akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut:

$$P = V.I.Cos \varphi \dots\dots\dots (1.2)$$

φ = Sudut antara arus dan tegangan

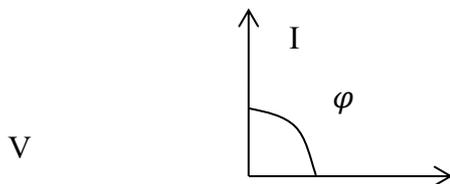


c) Beban kapasitif (C)

Beban kapasitif, yaitu beban yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energy yang berasal dari pengisian elektrik (*electrical discharge*) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus terdahulu terhadap tegangan (*leading*). Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut:

$$P = V.I.\cos \varphi \dots\dots\dots (1.3)$$

φ = Sudut antara arus dan tegangan



2. Jenis Beban Listrik

Tujuan utama dari system distribusi tenaga listrik adalah mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk sampai ke pelanggan atau beban. Salah satu faktor utama yang paling penting dalam perancangan sistem distribusi tenaga listrik adalah karakteristik dari berbagai jenis beban listrik tersebut.

Karakteristik jenis beban listrik sangat diperlukan agar sistem distribusi tegangan dan pengaruh thermis dari pembebanan dapat dianalisis dengan baik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik jenis beban listrik dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu beban *linear* dan beban *non linear*. Yang dimaksud dari beban *linear* adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang *linear*, artinya arus mengalir sebanding dengan impedansi dan p erubahan tegangan. Sedangkan beban *non linear* adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang tidak

sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya atau dengan kata lain disebut distorsi tegangan dan arus listrik. Gangguan yang terjadi akibat distorsi dan tegangan disebut dengan harmonik. Disini penulis akan mencoba menjelaskan sedikit tentang harmonik.

a) Harmonik

Harmonik adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental pada sistem distribusi tenaga listrik normal (frekuensi 50 Hz). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonik.

b) Distorsi Harmonik

Distorsi harmonik disebabkan peralatan yang memiliki beban *non linear* pada sistem distribusi tenaga listrik. Peralatan yang memiliki beban *non linear* merupakan kondisi dimana arus tidak proporsional dengan gelombang tegangannya. Apabila suatu gelombang yang identik dari suatu siklus kesiklus lain, maka bila direpresentasikan sebagai penjumlahan gelombang sinusoidal murni dimana frekuensi dari setiap sinusoidal merupakan kelipatan atau hasil perkalian bilangan bulat dari frekuensi gelombang dasar yang terdistorsi. Gelombang dengan frekuensi kelipatan ini disebut harmonik. (Tambunan et al., 1945)

2.2.8. Baterai

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

Fungsi baterai sangat beragam dalam kehidupan sehari – hari, namun fungsi baterai memiliki inti yang sama yaitu sebagai sumber energi. Hampir pada semua alat elektronik yang sifatnya mobile juga menggunakan baterai sebagai sumber energi. Seperti contoh yaitu senter, power bank, drine, remote dan lain sebagainya. Semua alat – alat tersebut membutuhkan baterai agar bias bekerja (Ibeng, 2020) Adapun Jenis – jenis baterai menurut (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016) ada beberapa jenis baterai yaitu :

a. Baterai Asam

Baterai asam yang bahan elektrolitnya (*sulfuric acid* = H_2SO_4). Didalam baterai asal, elektroda – elektrodanya terdiri dari plat – plat timah peroksida PbO_2 sebagai anoda (kutub positive) dan timah murni Pb sebagai katoda (kutub negatif).

b. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

1. *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery*
2. *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd*

Baterai pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali. besarnya kapasitas baterai tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negative yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap – tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (discharging) selama waktu tertentu. Pada saat baterai diisi (charging), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam ampere jam (Ampere hour)

(Hamid,2016). Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$N \text{ (Ah)} = I \text{ (ampere)} \times t \text{ (hours)}$$

(2.1)

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

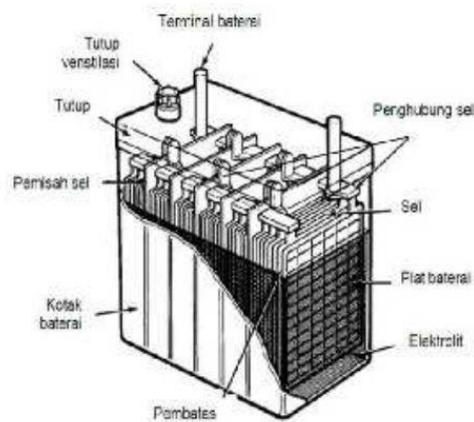
I = kuat arus

(ampere) t = waktu

(jam/sekon)

Kemudian adapun kontruksi baterai menurut (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016) Komponen – komponen baterai terdiri atas :

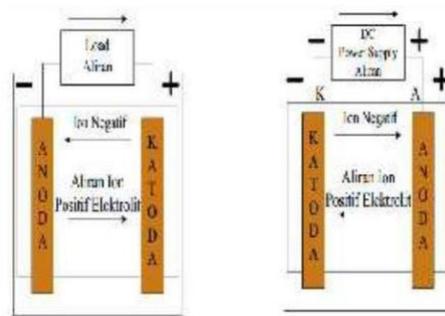
- a. Kotak baterai
- b. Elektrolit baterai
- c. Sumbat Ventilasi
- d. Plat positif dan plat negatif
- e. Separator
- f. Lapisan serat gelas (*Fiber Glass*)
- g. Sel baterai



Gambar 2.12. Kontruksi Baterai (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

Prinsip Kerja Baterai (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016). Baterai merupakan perangkat yang mampu menghasilkan tegangan DC, yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk energy kimia. Sel baterai tersebut terdiri dari elektroda negative dan elektroda positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang berfungsi sebagai pemberi electron. Elektro positif yang disebut anoda berfungsi sebagai penerima electron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif.

1. Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.12. Jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion – ion negatif mengalir ke anoda dan ion – ion positif akan mengalir ke katoda.
2. Pada proses pengisian menurut gambar 2.12. dibawah ini adalah bila sel dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.13. Proses pengosongan dan pengisian baterai

(Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

- a. Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda
- b. Ion – ion negatif mengalir dari katoda ke anoda
- c. Ion – ion positif mengalir dari anoda ke katoda jadi, reaksi kimia pada saat pengisian adalah kebalikan dari saat pengosongan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 6 bulan terhitung dari tanggal 2 Desember 2022 sampai 6 Mei 2023. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), kecepatan angin, lalu analisa data, terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini seperti pada tabel berikut :

3.1.2. Tabel Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Kajian literatur								
2.	Penyusunan proposal penelitian								
3.	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3								
4.	Seminar proposal penelitian								
4.	Pengambilan Data								
5	Konfigurasi pada Software HOMER								
6.	Seminar hasil penelitian								
7.	Sidang akhir								

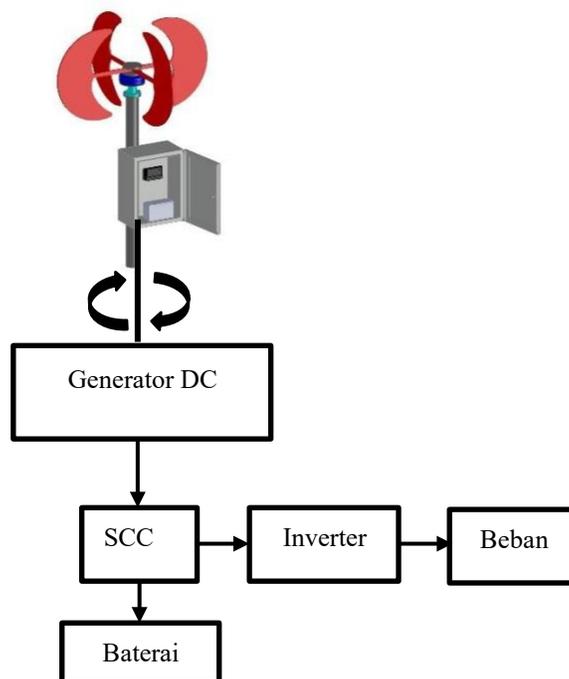
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

3.1.3. Tempat

Penelitian dilaksanakan pada **DESA MALASIN, KECAMATAN SIMEULUE BARAT, KABUPATEN SIMEULUE, PROVINSI ACEH**

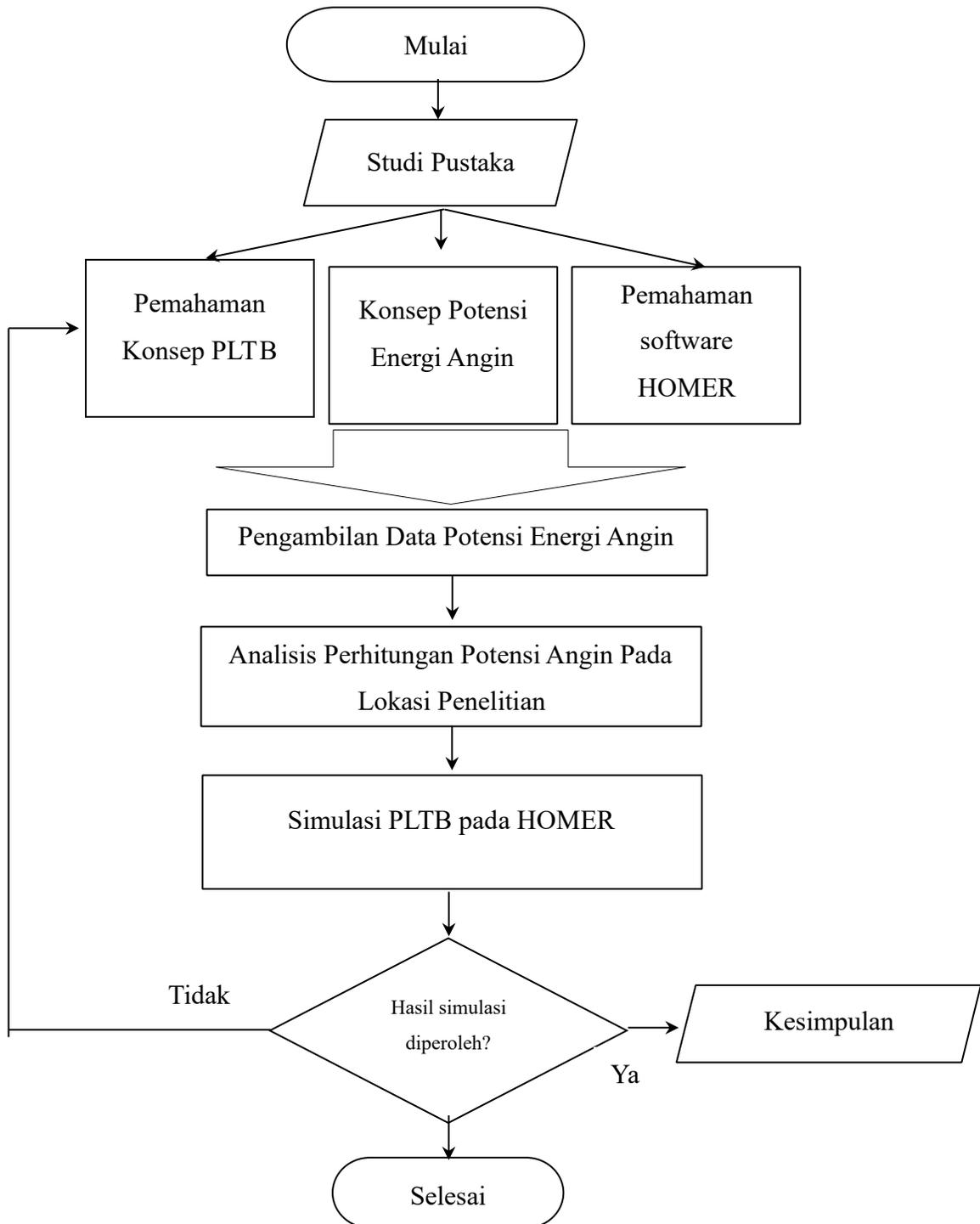
3.2. Diagram Blok PLTB

Adapun diagram blok pada alat untuk mempermudah penulis dalam mengambil data penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem PLTB

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.6. Bagan Alir Penelitian

3.4. Metode Pengumpulan Data

Adapun Metode pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Data Angin

Data kecepatan angin pada penelitian ini diambil dari software HOMER yang telah menyediakan data diseluruh dunia. Adapun data yang digunakan diambil dari badan antariksa dunia yaitu Nasa yang telah melakukan pengambilan data dari tahun 1983 sampai tahun 2020

2. PLTB

Data PLTB diambil melalui data yang disediakan pada jurnal – jurnal terdahulu mengenai pembangkit listrik tenaga angin yang kemudian akan diinput kedalam HOMER dan akan dilakukan simulasi.

3.5. Metode Pengolahan Data

Adapun metode pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Data kecepatan angin yang didapat akan diinput kedalam software HOMER. Dimana data ini akan membantu untuk mengetahui tingkat daya keluaran PLTB yang akan dihasilkan
2. Kemudian akan dilakukan simulasi dengan menggunakan software HOMER dengan tingkat kecepatan angin yang ada berapa daya keluaran yang dapat dihasilkan oleh PLTB dengan kapasitas yang ditentukan nantinya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Potensi Kecepatan Angin

Pada potensi kecepatan angin akan diambil beberapa sample pada Kabupaten Simeule. Dari 14 kecamatan yang ada, maka akan diambil sampel sebanyak 5 kecamatan dengan jarak masing – masing kecamatan yang cukup jauh (tidak berdekatan) agar mendapatkan hasil potensi angin yang berbeda – beda. Provinsi aceh merupakan salah satu provinsi yang ada di Pulau Sumatera yang terletak disebelah utara Pulau Sumatera.



Gambar 4.1 Peta Provinsi Aceh

Sedangkan kabupaten Simuelue berada disebelah barat daya dari provinsi aceh, dimana Kabupaten ini terpisah dari pulau sumatera yaitu terdiri dari satu pulau.

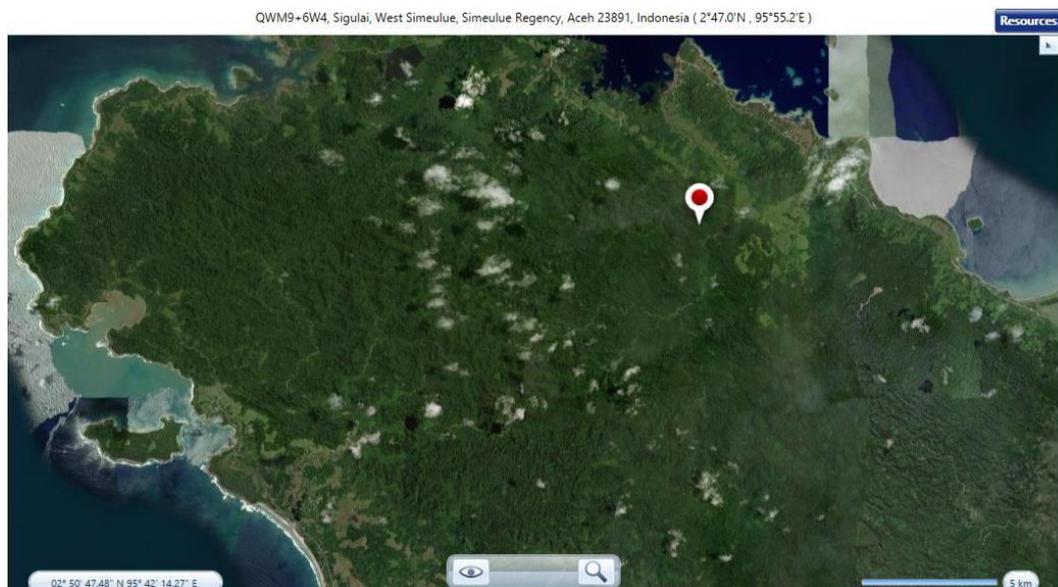


Gambar 4.2 Letak Kabupaten Simeulue

Adapun hasil pengambilan data dari 5 kecamatan Kabupaten Simuelue adalah sebagai berikut :

4.1.1 Kecepatan Angin Pada Kecamatan

a. Kecamatan Simuelue Barat



Adapun hasil kecepatan angin pada Kecamatan Simuelue Barat dapat dilihat pada Table 4.1

Sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kecepatan Angin Simeulue Barat

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	3.260
Februari	3.230
Maret	3.470
April	3.410
Mei	3.140
Juni	3.360
Juli	3.540
Agustus	3.560
September	3.560
Oktober	3.860
November	4.020
Desember	3.560

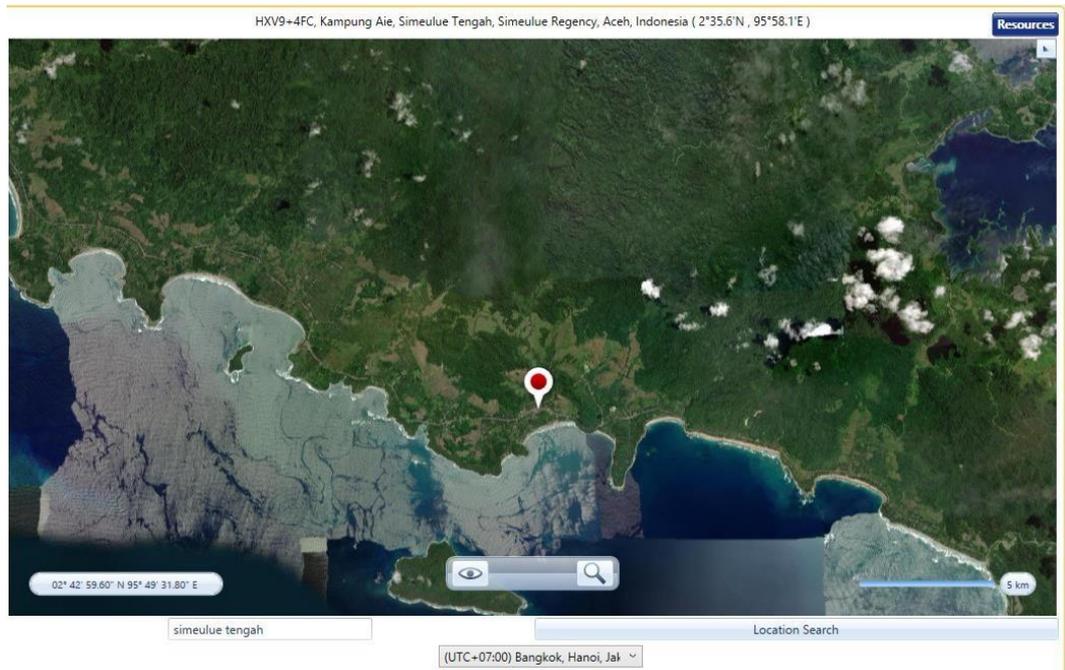
Koordinat : X8WR+MJQ Simeulue Barat Regency, Aceh 24653,
Indonesia (3°59.8'N, 97°20.5'E)

Dari data yang diperoleh dapat dilihat kecepatan angin tertinggi pada bulan November yaitu 4.02 m/s, sedangkan kecepatan angin paling rendah yaitu 3,1 m/s pada bulan Mei. Sedangkan rata – rata kecepatan angin dalam kurun waktu selama satu tahun pada Kecamatan Simuelue Barat adalah 3,5 m/s. adapun grafik tingkat kecepatan angin setiap bulannya yang diambil dari aplikasi HOMER yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Kecepatan Angin Selama 1 Tahun Simeulue Barat

b. Kecamatan Simeulue Tengah



Adapun hasil kecepatan angin pada Kecamatan Simeulue Tengah dapat dilihat pada Table 4.2 Sebagai berikut :

Tabel 4.2 Kecepatan Angin Simeulue Tengah

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	3.260
Februari	3.230
Maret	3.470
April	3.410
Mei	3.140
Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Juni	3.360
Juli	3.540
Agustus	3.560
September	3.560
Oktober	3.860
November	4.020
Desember	3.560

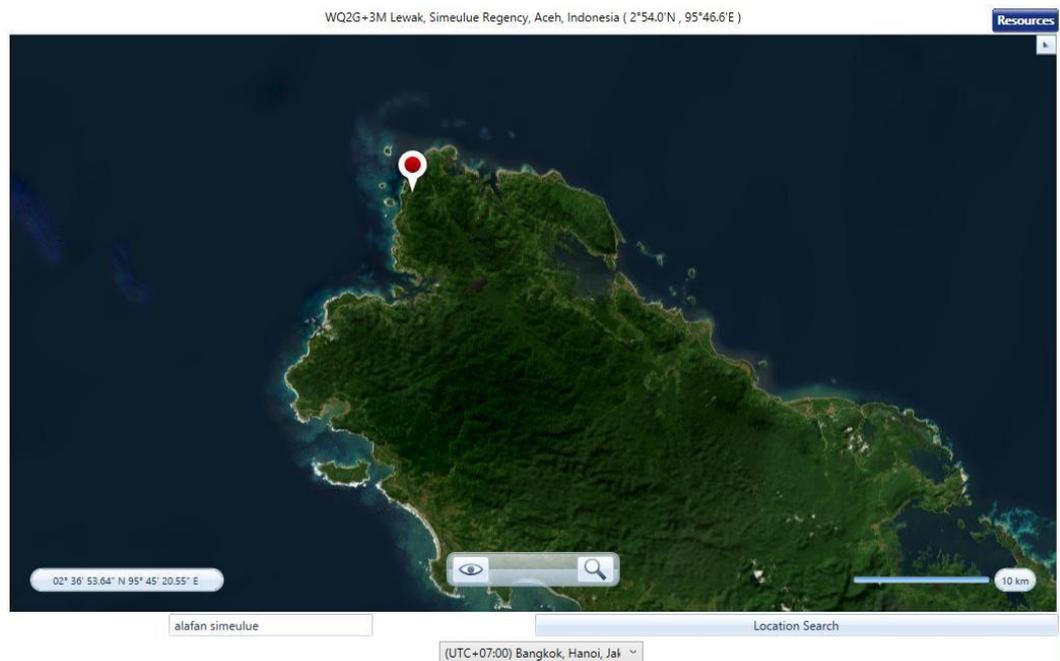
Koordinat : X8V+F6G Simeulue Tengah Regency, Aceh 24653,
Indonesia (3°59.6'N, 97°20.0'E)

Dari data yang diperoleh dapat dilihat kecepatan angin tertinggi pada bulan November yaitu 4.02 m/s, sedangkan kecepatan angin paling rendah yaitu 3,1 m/s pada bulan Mei. Sedangkan rata – rata kecepatan angin dalam kurun waktu selama satu tahun pada Kecamatan Simuelue Barat adalah 3,5 m/s. adapun grafik tingkat kecepatan angin setiap bulannya yang diambil dari aplikasi HOMER yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Kecepatan Angin Selama 1 Tahun Simeulue Tengah

c. Kecamatan Alafan



Adapun hasil kecepatan angin pada Kecamatan Alafan dapat dilihat pada Table 4.2 Sebagai berikut :

Tabel 4.3 Kecepatan Angin Kecamatan Alafan

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	3.260
Februari	3.230
Maret	3.470
April	3.410
Mei	3.140
Juni	3.360
Juli	3.540
Agustus	3.560
September	3.560
Oktober	3.860
November	4.020
Desember	3.560

Koordinat : X8V+F6G Kec. Alafan Regency, Aceh 24653, Indonesia
(4°2.0'N , 97°20.3'E)

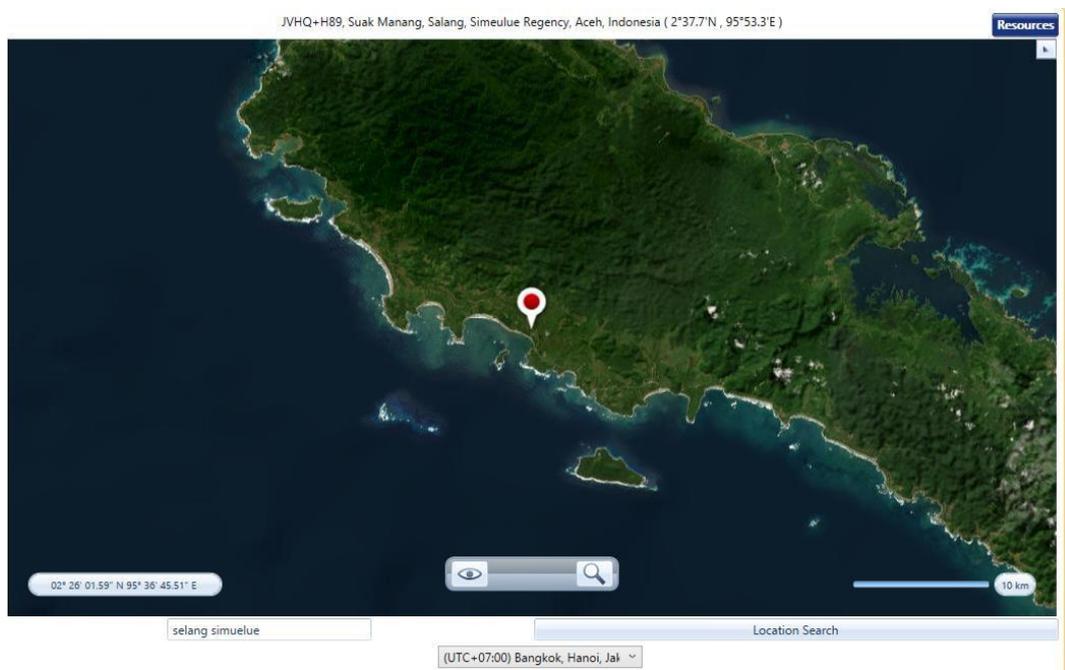
Dari data yang diperoleh dapat dilihat kecepatan angin tertinggi pada bulan November yaitu 4.02 m/s, sedangkan kecepatan angin paling rendah yaitu 3,1 m/s pada

bulan Mei. Sedangkan rata – rata kecepatan angin dalam kurun waktu selama satu tahun pada Kecamatan Simuelue Barat adalah 3,5 m/s. adapun grafik tingkat kecepatan angin setiap bulannya yang diambil dari aplikasi HOMER yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Kecepatan Angin Selama 1 Tahun Desa Leme

d. Kecamatan Selang



Adapun hasil kecepatan angin pada Kecamatan Selang dapat dilihat pada Table 4.2 Sebagai berikut :

Tabel 4.4 Kecepatan Angin Kecamatan Selang

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	3.260
Februari	3.230
Maret	3.470
April	3.410
Mei	3.140
Juni	3.360
Juli	3.540
Agustus	3.560
September	3.560
Oktober	3.860
November	4.020
Desember	3.560

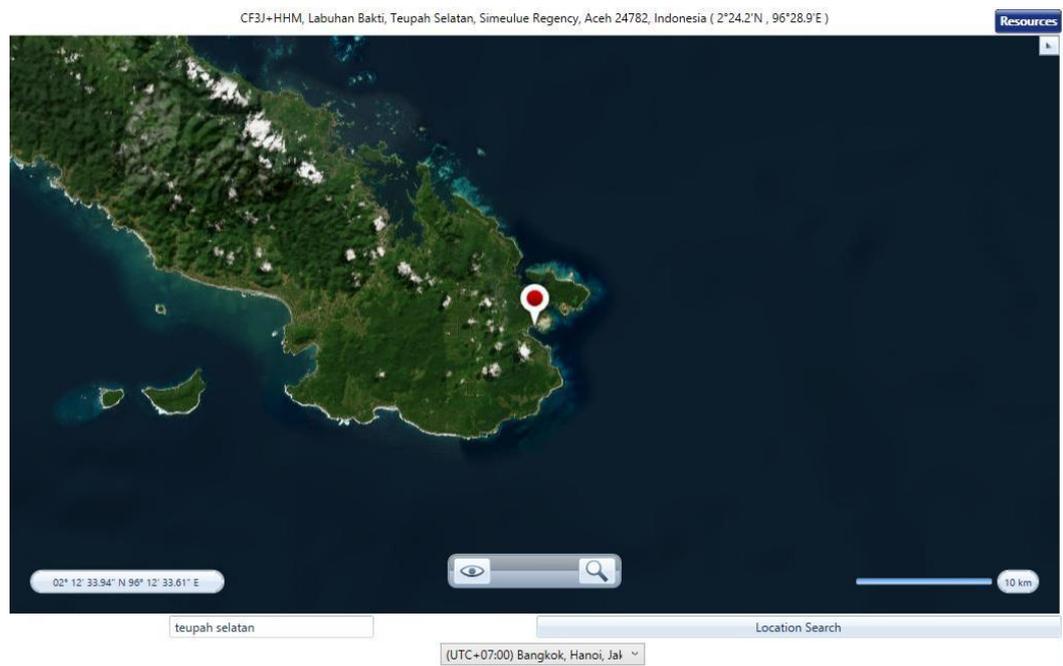
Koordinat : X8V+F6G Kecamatan Selang Regency, Aceh 24653,
Indonesia (4°2.0'N , 97°20.3'E)

Dari data yang diperoleh dapat dilihat kecepatan angin tertinggi pada bulan November yaitu 4.02 m/s, sedangkan kecepatan angin paling rendah yaitu 3,1 m/s pada bulan Mei. Sedangkan rata – rata kecepatan angin dalam kurun waktu selama satu tahun pada Kecamatan Simuelue Barat adalah 3,5 m/s. adapun grafik tingkat kecepatan angin setiap bulannya yang diambil dari aplikasi HOMER yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Angin Selama 1 Tahun Kecamatan Selang

e. Kecamatan Teupah Selatan



Adapun hasil kecepatan angin pada Kecamatan Teupah Selatan dapat dilihat pada Table 4.5

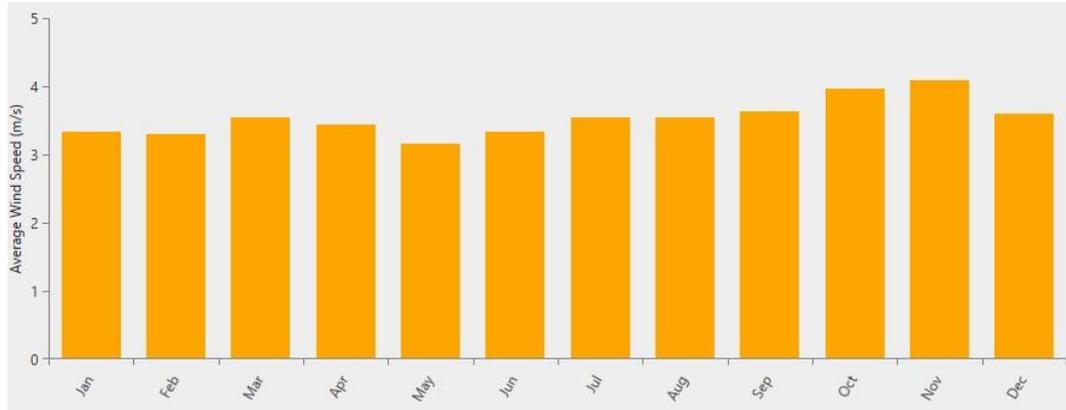
Sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kecepatan Angin Desa Cempa

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	3.330
Februari	3.290
Maret	3.550
Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
April	3.430
Mei	3.160
Juni	3.340
Juli	3.550
Agustus	3.540
September	3.630
Oktober	3.960
November	4.090
Desember	3.590

Koordinat : X9G4+M74 Teupah Selatan Regency, Aceh 24653,
Indonesia (3°58.6'N , 97°21.3'E)

Dari data yang diperoleh dapat dilihat kecepatan angin tertinggi pada bulan November yaitu 4,09 m/s, sedangkan kecepatan angin paling rendah yaitu 3,16 m/s pada bulan Mei. Sedangkan rata – rata kecepatan angin dalam kurun waktu selama satu tahun pada Desa Cempa 3,54 m/s. adapun grafik tingkat kecepatan angin setiap bulannya yang diambil dari aplikasi HOMER yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Angin Selama 1 Tahun Kecamatan Teupah Selatan

4.1.2 Potensi Daya Spesifik

Energi angin dapat di konversi atau di transfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Berikut merupakan data-data hasil perhitungan dimana daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara. Untuk mencari nilai daya spesifik digunakan persamaan (4), Dari pengambilan sampel data sebanyak 5 kecamatan pada Kabupaten Simeulue Aceh dapat diketahui daya spesifik pada setiap titik lokasi pengambilan data adalah :

a. Simeulue Barat

$$\begin{aligned}
 P_s &= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,2 \\
 &= 25,725 \text{ Watt/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Simeulue Tengah

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,2 \\ &= 25,725 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

c. Kec. Alafan

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,2 \\ &= 25,725 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

d. Kec. Salang

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,2 \\ &= 25,725 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

e. Teupah Selatan

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,54^3 \cdot 1,2 \\ &= 26,62 \text{ Watt/m}^2 \end{aligned}$$

Maka dari hasil perhitungan daya spesifik pada masing – masing desa yang telah diambil data dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Hasil Pengambilan Data Sampel

Lokasi	Rata – Rata Kecepatan Angin (m/s)	Daya Spesifik (Watt/m ²)
Simeulue Barat	3,5	25,725
Simeulue Tengah	3,5	25,725
Alafan	3,5	25,725
Salang	3,5	25,725

Teupah Selatan	3,54	26,61712
Rata - Rata	3,508	25,9

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 kecepatan angin yang dihasilkan oleh masing – masing tempat relatif kecil yaitu tidak mencapai 5 m/s. rata – rata dari data sampel yang diambil yaitu hanya sebesar 3,508 m/s. Tabel di atas menunjukkan variasi potensi energi angin disetiap kecamatan tidak jauh berbeda. Daerah yang memiliki kecepatan angin yang tinggi Berbanding lurus dengan potensi daya yang dihasilkan.

Dapat dilihat pada ke-5 desa lokasi penelitian merupakan daerah yang kurang potensial untuk pemanfaatan PLTB. Untuk memanfaatkan potensi energi angin dibawah 5 m/s yang diterima poros turbin kincir, diperlukan turbin angin poros horizontal, generator berdaya besar yang dapat menghasilkan daya listrik besar dan didukung dengan teknologi yang baik, seperti menggunakan sistem untuk pengaturan turbin terhadap kecepatan angin dan arah angin yaitu aktif stall control. Kemudian untuk mengantisipasi kelemahan fluktuasi keberadaan angin serta menjaga kontinuitas penyaluran daya dan faktor kapasitas dapat diantisipasi dengan sistem penyimpanan menggunakan baterai, atau dapat menggunakan sistem on-grid. (Adhi Prasetuo,2020)

4.2 Pemilihan Teknologi Turbin

Pada lokasi penelitian dapat dilihat potensi angin yang ada relatif kecil, tidak mencapai 5 m/s. maka teknologi turbin yang digunakan adalah yang sesuai dengan standar dibawah 5 m/s (kecepatan angin minimal untuk berpotensi). Diasumsikan digunakan turbin dengan teknologi kecepatan angin dibawah 5 m/s dengan kapasitas 1 kW. Adapun spesifikasi turbin yang diasumsikan kedalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Spesifikasi Turbin Angin (Achmad Gustiantono, 2017)

Tipe Turbin	Vertikal
Daya Keluaran Maksimal	1000 Watt
Kecepatan Angin Minimal	2.0 m/s

Kecepatan Angin Terbaik	5 m/s
Kecepatan Angin Maksimal	50 m/s
Efisiensi Generator	80%
Kebisingan	< 45 Db
Berat Turbin	78 kg
Material Baling – Baling	Aluminium Alloy
Jumlah Baling – Baling	2
Diameter Turbin	2,8 m
Luas Sapuan Turbin	11,2 m
Berat Turbin	42 Kg

Dengan asumsi penggunaan turbin yang ada pada Tabel 4.3 maka dapat dihasilkan potensi angin pada lokasi penelitian pada Tabel 4.4 berikut :

a. Simeulue Barat Masa

Udara : (Pers. 6) $m =$

$$\rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,225 \cdot 11,2 \cdot 3,5$$

$$= 48,02 \text{ kg/s}$$

Energi Kinetik : (Pers. 7)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 48,02 \cdot 3,5^2$$

$$= 294,12 \text{ Joule}$$

Daya Turbin : (Pers. 8) P_a

$$= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \cdot A$$

$$=$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,225 \cdot 11,2$$

$$= 294,12 \text{ Watt b.}$$

Simeulue Tengah Masa

Udara : (Pers. 6) $m = \rho \cdot A$

$\cdot v$

$$= 1,225 \cdot 11,2 \cdot 3,5$$

$$= 48,02 \text{ kg/s}$$

Energi Kinetik : (Pers. 7)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 48,02 \cdot 3,5^2$$

$$= 294,12 \text{ Joule}$$

Daya Turbin : (Pers. 8) P_a

$$= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \cdot A$$

2

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,225 \cdot 11,2$$

$$= 294,12 \text{ Watt}$$

c. Alafan

Masa Udara : (Pers. 6) m

$$= \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,225 \cdot 11,2 \cdot 3,5$$

$$= 48,02 \text{ kg/s}$$

Energi Kinetik : (Pers. 7)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 48,02 \cdot 3,5^2$$

$$= 294,12 \text{ Joule}$$

Daya Turbin : (Pers. 8) P_a

$$= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \cdot A$$

2

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,225 \cdot 11,2$$

$$= 294,12 \text{ Watt}$$

d. Salang

Masa Udara : (Pers. 6) m

$$= \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,225 \cdot 11,2 \cdot 3,5$$

$$= 48,02 \text{ kg/s}$$

Energi Kinetik : (Pers. 7)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 48,02 \cdot 3,5^2$$

$$= 294,12 \text{ Joule}$$

Daya Turbin : (Pers. 8) Pa

$$= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \cdot A$$

2

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,225 \cdot 11,2$$

$$= 294,12 \text{ Watt}$$

e. Teupah Selatan Masa

Udara : (Pers. 6) m =

$$\rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,225 \cdot 11,2 \cdot 3,54$$

$$= 48,57 \text{ kg/s}$$

Energi Kinetik : (Pers. 7)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 48,57 \cdot 3,5^2$$

$$= 297,49 \text{ Joule}$$

Daya Turbin : (Pers. 8) P_a

$$= \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho \cdot A$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5^3 \cdot 1,225 \cdot 11,2$$

$$= 304,32 \text{ Watt}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas didapat Tabel potensi energi angin pada lokasi penelitian yang diasumsikan menggunakan turbin kapasitas 10 kW adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Potensi Angin

Turbin Poros Vertikal 1 kW				
Nama Desa	Rata – Rata Kecepatan Angin (m/s)	Masa Udara (kg/s)	Energi Kinetik (Joule)	Daya Yang Dihasilkan Turbin (Watt)
Simeulue Barat	3,5	48,02	294,12	294,12
Simeulue Tengah	3,5	48,02	294,12	294,12
Alafan	3,5	48,02	294,12	294,12
Salang	3,5	48,02	294,12	294,12
Teupah Selatan	3,54	48,57	297,49	304,32

Tabel 4.4 di atas merupakan hasil perhitungan potensi daya dan energi yang dihasilkan per satuan luas jika digunakan turbin angin poros vertical dengan asumsi luas sapuan turbin 48 m² serta berbagai komponen turbin angin yang ada pada asumsi sebelumnya.

Dari hasil yang terdapat pada tabel di atas menunjukkan variasi potensi energi angin disetiap daerahnya tidak jauh berbeda. Kecepatan angin yang ada pada tiap – tiap kecamatan berbanding lurus dengan potensi daya yang dihasilkan. Dari ke-5 kecamatan yang diambil sebagai sampel, masing – masing kecamatan cukup berpotensi untuk PLTB dikarenakan daya yang dihasilkan cukup besar untuk pemanfaatan turbin berkapasitas 1 kW. Kecepatan angin rata – rata pada tiap daerah hanya sebesar 3,5 m/s berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan stabil.

4.3. Simulasi Pada HOMER

Beban yang digunakan dalam simulasi HOMER ini adalah beban rumah tangga dimana beban yang digunakan yaitu 11,26 kWh/ hari. Adapun grafik beban yang ditampilkan pada software HOMER adalah sebagai berikut :

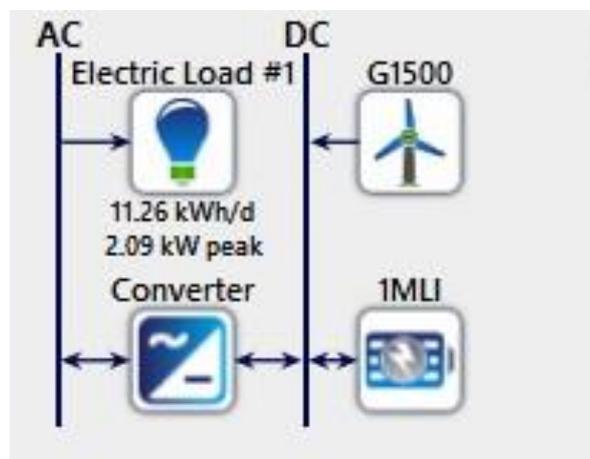


Gambar 4.3 Beban pada simulasi

Dapat dilihat pada gambar 4.3 beban rumah tangga terjadi peningkatan yang sangat signifikan, dimana peningkatan ini disebut dengan beban puncak. Dimana beban puncak

terjadi paling tinggi pada pukul 18:00 dan pelan – pelan beban menurun hingga pukul 24:00. Apabila beban yang akan disuplai adalah 11,26 kWh / hari maka jumlah turbin yang dibutuhkan untuk dapat mensuplai beban yang ada yaitu sebanyak 12 turbin dengan kapasitas 12 kW.

Adapun skema bus pembangkit listrik tenaga bayu yang dilakukan simulasi pada aplikasi HOMER adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Skema PLTB

Pada gambar 4.2 skema PLTB, perangkat yang digunakan meliputi beban, converter, wind turbin dan baterai. Parameter spesifikasi ini dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel 4.3 Masukan Parameter HOMER

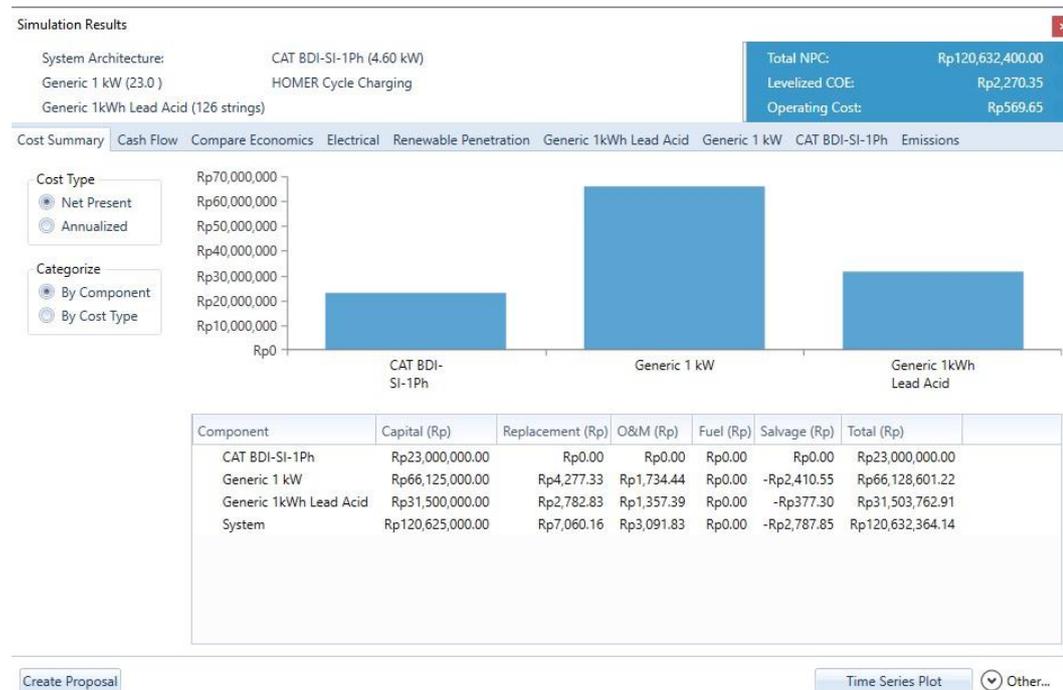
Nama	Ket.	Kapasitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Waktu Pakai
Beban	Beban yang disimulasikan	11.26 kWh/d	-		-
Wind Turbin	Aelos-V 1 kW	1 kW	2.875.000	12	20 Tahun
Tower Turbin	-	-	500.000	12	20 Tahun

Converter	SIE G120X 3YE30 Frequenzumrichter SINAMICS 5 kW	5 kW	25.000.000	1	20 Tahun
Storage Sistem	Li-Ion 1 kW	1 kW	3.000.000	12	20 Tahun

Kemudian simulasi dilakukan dengan parameter perangkat yang digunakan sesuai pada tabel 4.3 adapun hasil simulasi yang dikeluarkan pada aplikasi HOMER adalah sebagai berikut :

a. Biaya Total

Cost of Energy yaitu harga ataupun biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu pembangkit listrik dengan spesifikasi yang dibutuhkan dan direncanakan. Adapun tabel biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTB keluaran software HOMER adalah sebagai berikut :

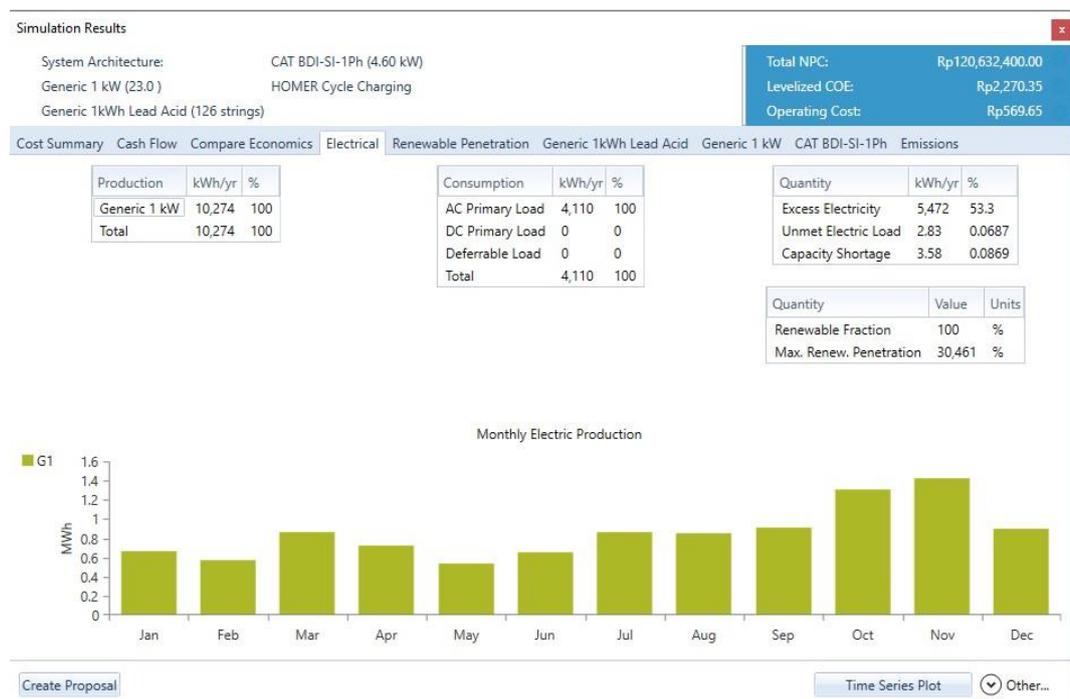


Gambar 4.4 Cost of Energy

Dapat dilihat bahwa biaya keseluruhan pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga bayu menurut aplikasi HOMER dengan spesifikasi turbin dan kecepatan angin yang ada, dibutuhkan sebanyak 23 unit PLTB berkapasitas 1 kW dan 126 unit baterai berkapasitas 1 kWh. Jika dibandingkan dengan perhitungan manual, prediksi aplikasi pada HOMER justru lebih banyak membutuhkan jumlah turbin angin dan baterai yang membuat biaya pembangunan menjadi sebesar Rp. 120.632.400,- hanya untuk mensuplai beban dengan kapasitas penggunaan perharinya adalah 11,26 kWh/hari.

b. Daya Keluaran PLTB

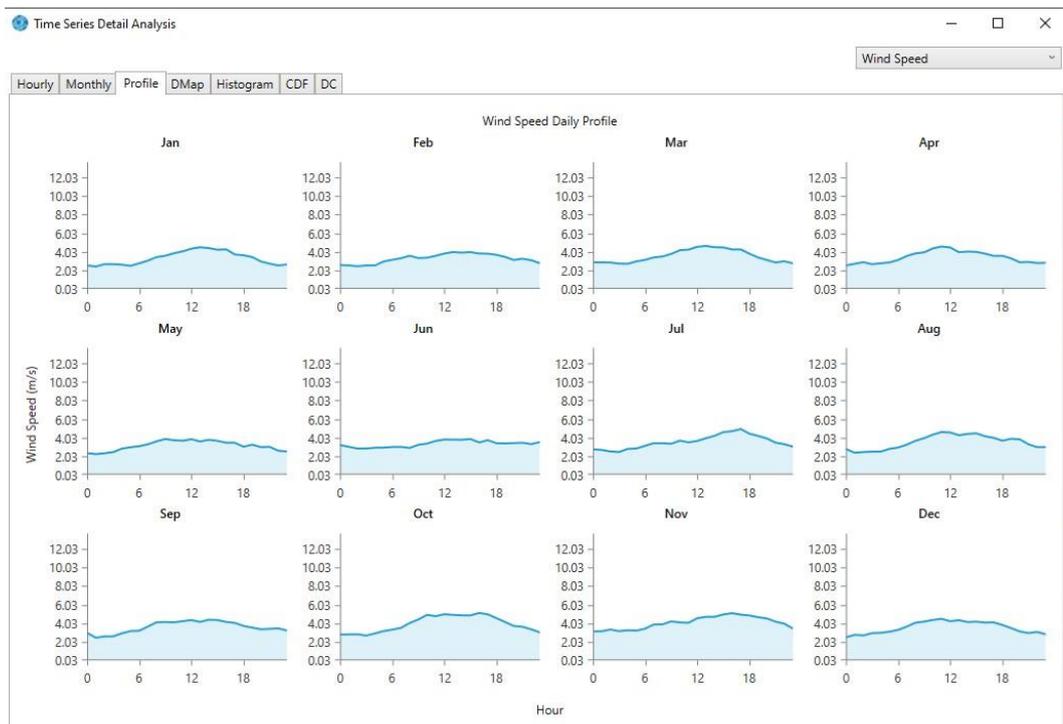
Daya keluaran PLTB pada simulasi yang dilakukan pada HOMER bisa diperhatikan pada gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5 Daya Keluaran PLTB

Pada gambar 4.5 pada grafik keluaran daya pada PLTB. Daya yang dihasilkan relatif normal. Dengan 23 turbin berkapasitas 1 kW produksi daya pertahun yang dapat

dihasilkan sebesar 10.274 kWh/tahun. Dengan kebutuhan beban yang ada yaitu sebesar 4.110 kWh/tahun. Dengan biaya yang tidak terlalu besar daya yang dihasilkan cukup efektif.



Gambar 4.6 Daya Keluaran Setiap Bulannya

Dari estimasi daya yang diharapkan, ternyata dengan kecepatan angin yang ada pada tiap kecamatan kabupaten Simeulue dapat menghasilkan daya listrik keluaran PLTB relatif efektif. Berdasarkan simulasi yang dilakukan COE dari simulasi PLTB pada kecamatan yang ada pada Kabupaten Simuelue Aceh adalah sebesar Rp.2.270 / kWh namun tarif dasar ataupun harga jual listrik dari PT. PLN kepada masyarakat adalah non-subsidi sebesar Rp. 1.444 / kWh. Perbandingan biaya per kWh menunjukkan bahwa biaya pembangunan pembangkit listrik tenaga angin lebih tinggi dibandingkan dengan PT. tarif dasar listrik PLN. Hal ini disebabkan angin yang ada pada lokasi penelitian tidak terlalu besar namun relatif efektif. Oleh karena itu, Kabupaten Simeulue memiliki potensi untuk menjadi pembangkit listrik tenaga angin (PLTB).

Hal ini disebabkan nilai investasi yang tidak terlalu tinggi dengan daya keluaran yang relatif efektif dan efisien. Dari segi energi baru terbarukan pembangunan PLTB perlu dipertimbangkan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data yang diperoleh dapat dilihat dari 5 titik lokasi penelitian kecepatan angin yang dihasilkan oleh masing – masing tempat yaitu tidak mencapai 5 m/s. rata – rata dari data sampel yang diambil yaitu hanya sebesar 3,5 m/s, dimana nilai angin tersebut tidak kecil dan juga tidak terlalu besar.
2. Dengan rata – rata kecepatan angin yang relatif kecil, maka daya spesifik yang dihasilkan memiliki rata – rata sebesar 25,725 Watt/m². Dengan masa udara rata – rata 48,02 kg/s dan energi kinetik yang dihasilkan sebesar 294,12 Joule. Maka daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin yang diasumsikan berkapasitas 1 kW sebesar 304,32 Watt.
3. Pembangkit listrik tenaga angin pada Kabupaten Simeulue aceh memiliki potensi angin yang kurang baik dikarenakan tingkat kecepatan angin dan energi yang dihasilkan relatif normal.

5.2 Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis software yang berbeda agar mendapatkan perbandingan dan hasil yang lebih akurat
2. Diharapkan dalam penelitian yang serupa menggunakan jenis energi baru terbarukan yang berbeda sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Prasetyo, Didik Notosudjono, Hasto Soebagja “Studi Potensi Penerapan Dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Indonesia” Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan,2020
- Achmad Gustiantono, Syamsul Hadi “WIND TURBINE VERTICAL AXIS H ROTOR TYPE WITH 1 kW CAPACITY AT SUWUK BEACH, KEBUMEN” Volume 16 Number 1, 2017. Universitas Sebelas Maret
- Rimbawati. “ *perancangan sistem pengontrolan tegangan pada pltb menggunakan potensio dc* “
- alifyanti, d. F. (n.d.). *Dian furqani alifyanti*. 1(1), 79–95.
- Anggita dewita, ahmad shirat abu bakar, k. D. (2015). Pemanfaatan wrf-arw untuk simulasi potensi angin sebagai sumber energi di teluk bone. *Jurnal material dan energi indonesia*, 05(02), 17–23.
- 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>
- Bertingkat, p. B. (1990). *Sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil pada bangunan bertingkat*. 2–7.
- Desrizal, h., & rosma, i. H. (2014). *Berbasiskan pembangkit listrik tenaga angin (pltb) dan pembangkit listrik tenaga surya (plts)*. 1–8.
- Dylan trotsek. (2017). No title no title. *Journal of chemical information and modeling*, 110(9), 1689–1699.
- Fachri, m. R. (2017). *Analisa potensi energi angin dengan distribusi weibull untuk pembangkit listrik tenaga bayu (pltb) banda aceh*. 1(1), 1–8.
- Hutagalung, s. N., panjaitan, m., & pendahuluan, i. (2017). *Prototype rangkaian inverter dc ke ac 900 watt*. 6, 64–66.
- Iqbal, m., adinandra, r. M. S., sc, m., & ph, d. (n.d.). *Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt*. 1–5.
- Ksergi, e. (2019). *Rancang bangun turbin angin poros horizontal*. 15(3), 132–138.
- Lestari, s. R., & mesin, j. T. (2020). *Studi eksperimen variasi jumlah sirip dan kecepatan angin terhadap unjuk kerja turbin angin sumbu vertikal tipe bilah bersirip 1*. 13.

- Lubis, z. (2018). Metode baru merancang sistem mekanis kincir angin pembangkit listrik tenaga angin. *Journal of electrical technology*, 3(3), 1–4.
- Nuarsa, m., teknik, j., fakultas, m., & universitas, t. (2013). *Terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal*. 3(1), 50–59.
- Priyadi, i., surapati, a., putra, v. T., angin, a. E., & belakang, a. L. (2018). *Rancang bangun turbin angin horizontal sebagai salah satu pembangkit daya pada mobil hybrid*. 147–158.
- Riset, j., & teknologi, s. (2019). *Jurnal ristech universitas abulyatama perancangan dan uji kincir angin vertikal darrieus tipe-h dengan daya 0 , 31 hp*. 1(1), 27–37.
- Saputra, w. N., despa, d., soedjarwanto, n., samosir, a. S., teknik, j., universitas, e., encoder, r., & uno, a. (n.d.). *Prototype generator dc dengan penggerak*. 1.
- Sudu, j., & sistem, d. A. N. (2018). *No title*. 14(2), 31–35.
- Tambunan, j. M., harmonik, d., & daya, p. (1945). *Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta*.
- Wangi-wangi, d. I. P., widyanto, s. W., wisnugroho, s., & agus, m. (2018). *Surya pada pembangkit listrik tenaga hibrid*. 1–12.
- Rimbawati, Nur Adiansyah, Noorly Evalina : "Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan Pada Pltb Menggunakan Potensio Dc" ISBN: 978-623-7297-02-4

Lampiran 1



ID WMO : 96009
Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Malikussaleh
Lintang : 5.22869
Bujur : 96.94749
Elevasi : 28

Tanggal	ff_avg
01-01-2023	3
02-01-2023	2
03-01-2023	3
04-01-2023	2
05-01-2023	3
06-01-2023	2
07-01-2023	2
08-01-2023	2
09-01-2023	2
10-01-2023	2
11-01-2023	2
12-01-2023	2
13-01-2023	2
14-01-2023	2
15-01-2023	2
16-01-2023	2
17-01-2023	2
18-01-2023	2
19-01-2023	3
20-01-2023	3
21-01-2023	3

22-01-2023	2
23-01-2023	2
24-01-2023	3
25-01-2023	4
26-01-2023	3
27-01-2023	3
28-01-2023	4
29-01-2023	4
30-01-2023	4
31-01-2023	2
01-02-2023	2

Keterangan :

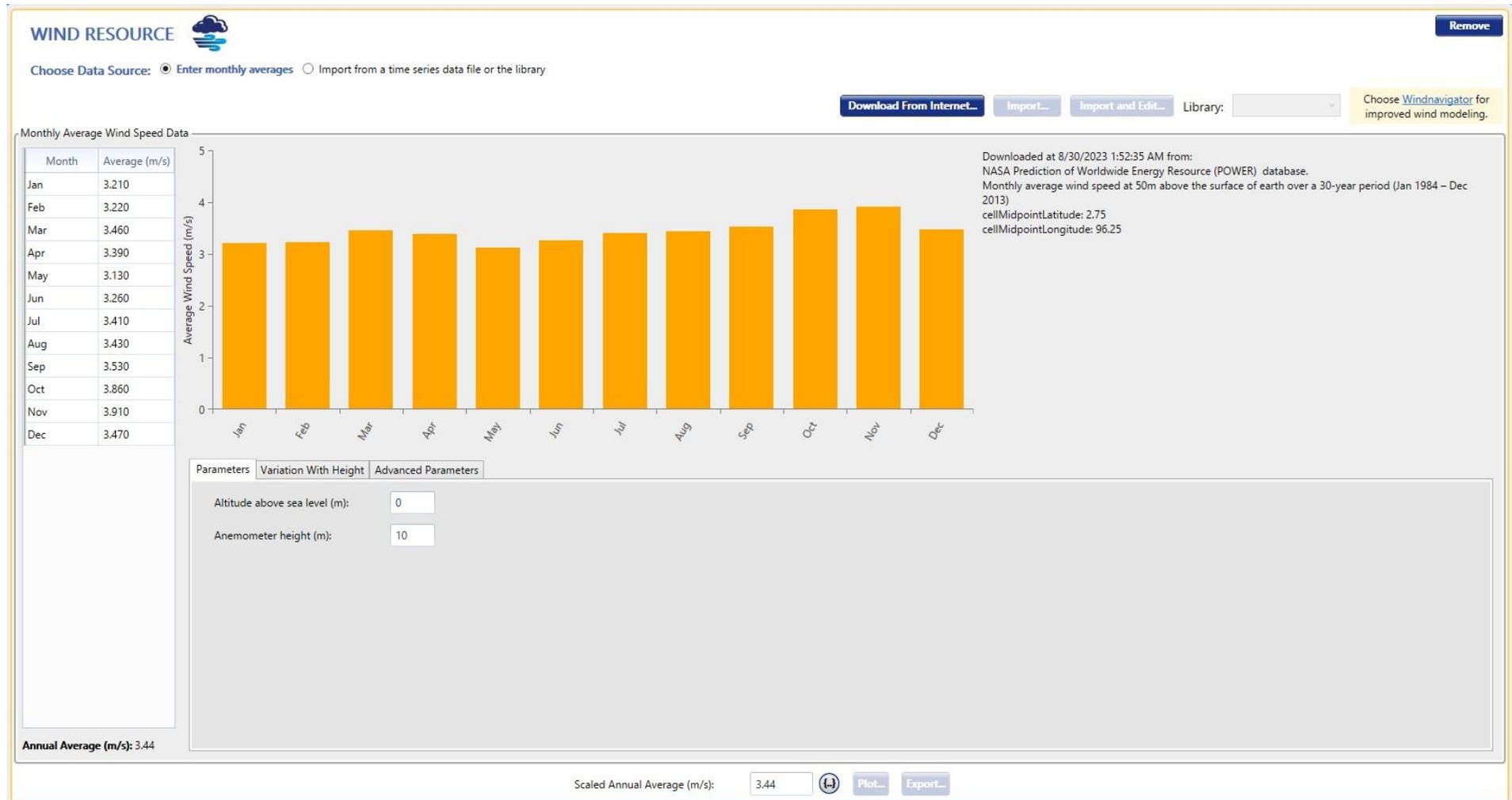
8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

ff_avg: Kecepatan angin rata-rata (m/s)

Data dari BMKG sebagai perbandingan kecepatan angin dengan aplikasi HOMER

Lampiran 2



Data kecepatan Angin dari aplikasi HOMER