

ANALISA POTENSI ENERGI ANGIN DI PANTAI LHONG KABUPATEN ACEH BESAR MENGGUNAKAN DISTRIBUSI WEIBULL

Herdian Saputra*

Prodi Instalasi & Pemeliharaan Jaringan Listrik, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat

Abstract

Aceh Province in the National Energy General Plan is targeted in 2050 for the development of new renewable energy wind power plants to reach 894 MW of power. This wind energy potential still needs to be surveyed or further researched for the suitability of its development location so as to produce the best position as a wind power plant. This study aims to analyze the wind potential on the Lhong coast, Aceh Besar District, Aceh Province using the Weibull distribution and using the wind speed from the ECMWF. The average wind speed distributed by weibull at the location reaches 2 m/s with a frequency of 26% and a speed of 3 m/s with a frequency of 25%. The power generated from the wind potential in the Lhong coastal area of Aceh Besar Regency is 32.411 watt meters with electrical energy produced 168,364 kwh/m/year, which belongs to the category of low-class wind as a wind power plant.

Keywords:

Power Generation, Renewable Energy, Wind Energy Potential.

Abstrak

Provinsi Aceh dalam Rencana Umum Energi Nasional ditargetkan pada tahun 2050 pengembangan energi baru terbarukan pembangkit listrik tenaga angin mencapai daya 894 MW. Potensi energi angin ini masih perlu dilakukan survey atau penelitian yang lebih lanjut untuk kesesuaian lokasi pengembangannya sehingga menghasilkan posisi terbaik sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Penelitian bertujuan untuk menganalisa potensi angin di pantai lhong kabupaten aceh besar provinsi aceh menggunakan distribusi weibull dan menggunakan kecepatan angin dari ECMWF. Kecepatan angin rata-rata terdistribusi weibull pada lokasi mencapai 2 m/s dengan frekuensi 26 % dan Kecepatan 3 m/s dengan frekuensi 25 %. Daya yang dihasilkan dari potensi angin pada wilayah pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar sebesar 32,411 watt meter dengan energi listrik dihasilkan 168,364 kwh/m/tahun, yang termasuk katagori kelompok angin kelas rendah sebagai pembangkit listrik tenaga angin.

Kata Kunci:

Pembangkit Listrik, Energi Terbarukan, Potensi Energi Angin

DOI: <http://dx.doi.org/10.38038/vocatech.v4i1.93>

Received: 29 September 2022 ; Accepted: 29 Oktober 2022 ; Published: 31 Oktober 2022

*Corresponding author:

Herdian Saputra, Program Studi Instalasi dan Pemeliharaan Jaringan Listrik, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Komplek STTU Alue Peunyareng Meureubo, Meulaboh, 23681.

Email: s.herdian2@gmail.com

Citation in APA Style: Saputra, H. (2022). Analisa Potensi Energi Angin di Pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar Menggunakan Distribusi *Weibull*. *VOCATECH : Vocational Education and Technology Journal*, Vol. 4, 1 (2022), 56-64



I. PENDAHULUAN

Indonesia pada tahun 2050 akan mengembangkan pembangkit listrik yang mampu menghasilkan daya berkapasitas 443,1 Giga Watt (GW), salah satunya pembangkit energi listrik dari tenaga angin yang merupakan salah satu energi baru terbarukan (EBT), diperkirakan pada tahun pada tahun 2050 mampu menghasilkan listrik berkapasitas 60,647 GW tersebar diseluruh Indonesia, dimana 894 MW tersebar di Propinsi Aceh (Perpres RI Nomor 22 Tahun 2017).

Terdapat beberapa peraturan yang harus terpenuhi dalam pencapaian target Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) hingga mencapai sasaran pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB) yaitu meningkatkan kualitas dan kuantitas Survey yang menghasilkan pemetaan energi angin serta studi kelayakan PLTB pada lokasi atau Daerah tertentu (Alfayz 2017).

Energi angin merupakan salah satu green energy, seperti ramah lingkungan dan EBT yang memiliki potensi besar di Indonesia untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik atau PLTB dikarenakan Indonesia memiliki iklim dan bentangan alam yang luas, dikelilingi lautan dengan bibir pantai dan pegunungan yang banyak. (Siagian 2020). Seperti halnya dengan pantai lhong yang berada di kabupaten Aceh Besar provinsi Aceh ini, memiliki pantai yang berhadapan langsung dengan samudra hindia serta dikelilingi oleh pegunungan sehingga diharapkan memungkinkan menjadi lokasi yang tepat untuk mencapai pengembangan PLTB di Provinsi Aceh..

Kecepatan rata-rata di Indonesia sekitar 2 sampai 6 m/s, dimana kecepatan angin bertiup di pengaruh oleh beberapa faktor seperti, perbedaan suhu, perbedaan tinggi permukaan tanah, dan perbedaan panjang siang dan malam (Widyanto, Wisnugroho, dan Agus 2018).

Menganalisa potensi angin menggunakan fungsi kerapatan probabilitas, distribusi Weibull merupakan metode yang paling sering dan baik digunakan dalam menghitung potensi angin pada satu wilayah (Allouhi et al. 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa potensi energi angin di pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar menggunakan distribusi weibull dengan metode kemungkinan maksimum, diharapkan dapat menjadi acuan bagi yang berkepentingan dalam hal pembangunan energi listrik tenaga angin Khususnya di wilayah Kecamatan Lhong Kabupaten Aceh Besar Provinsi

Aceh, pemerintah daerah yang ingin mengembangkan PLTB dan sebagai acuan untuk mencapai pengembangan PLTB di Provinsi Aceh dengan kapasitas 894 MW, sebagaimana Rencana Umum Energi Nasional dalam hal pengembangan pembangkit listrik EBT di Indonesia.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena perbedaan suhu udara antara panas dan dingin yang ditimbulkan oleh tidak meratanya penerimaan radiasi dari matahari sehingga timbul energi angin yang bergerak dari suhu udara tekanan tinggi ke udara tekanan rendah. Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan dengan cadangan energi yang luas sebagai pengganti energi fosil yang semakin berkurang dan tidak ramah lingkungan untuk membangkit energi listrik (Bachtiar dan Hayyatul 2018). secara umum angin dapat dibagi menjadi angin lokal dan angin musim. Salah satu yang termasuk ke dalam angin lokal yaitu angin angin laut dan angin darat. (1) Angin laut Angin laut terjadi ketika pada pagi hingga menjelang sore hari, daratan menyerap energi panas lebih cepat dari lautan. Sehingga suhu udara di darat lebih panas daripada di laut, akibatnya udara panas di daratan akan naik dan digantikan udara dingin dari lautan. (2) Angin darat Angin darat terjadi ketika pada malam hari energi panas yang diserap permukaan bumi sepanjang hari akan dilepaskan lebih cepat oleh daratan (udara dingin), sementara itu di lautan energi panas sedang dalam proses dilepaskan ke udara. Gerakan konvektif tersebut menyebabkan udara dingin dari daratan bergerak menggantikan udara yang naik di lautan sehingga terjadi aliran udara dari darat ke laut, dan biasanya angin darat terjadi pada tengah malam dan dini hari

2.2 Kecepatan Angin Rata-rata

Untuk menghitung kecepatan angin rata-rata persatuan detik dari banyak data hasil pengukuran dapat menggunakan persamaan menggunakan persamaan (Wildani dan Kurniasari 2019).

$$V_m = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^3 \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

V_m = Kecepatan angin rata - rata (m/s)

- V_i = Kecepatan angin yang terukur (m/s)
- t_i = Lama nya angin bertiup V_i (m/s)
- n = Banyaknya data pengukuran

selain persamaan diatas fungsi vektor dapat digunakan dalam perhitungan arah dan tipe kecepatan rata-rata angin, terdapat dua komponen vektor dalam angin yaitu u mewakili komponen timur-barat dan v utara-selatan, untuk mencari nilai komponen u dan v dapat dilakukan dengan persamaan (Utami, Jumarang, dan Apriansyah 2018).

$$\bar{u} = -u_i x \sin \left[2\pi x \frac{\theta_i}{360} \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$\bar{v} = -u_i x \cos \left[2\pi x \frac{\theta_i}{360} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Untuk menghitung resultan vector kecepatan angin rata-rata (C) dan resultan vektor arah (θ) dapat digunakan persamaan 4 dan Persamaan 5 berikut ini:

$$C = (\bar{u} \cdot \bar{v})^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

$$\theta = \arctan \frac{\bar{u}}{\bar{v}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

C = Kecepatan Angin Rata-Rata (m/s)

θ = Arah Angin ($^\circ$)

Untuk mengetahui Arah dan kecepatan angin terdistribusi pada periode tertentu maka dapat digambarkan melalui grafik windrose (Mawar angin), grafik ini menggambarkan frekuensi arah angin berhembus dari data angin yang banyak menjadi sebuah diagram vector angin.

4.2 Distribusi Weibull Metode Kemungkinan Maksimum.

Mengetahui karakteristik distribusi frekuensi kecepatan angin berbagai probabilitas telah digunakan, distribusi Weibull adalah yang paling sering diaplikasikan untuk memperkirakan potensi angin diwilayah tertentu (Yendra et al. 2018), distribusi weibull terdapat dua parameter yaitu parameter bentuk (k) dan parameter skala (c). Persamaan kerapatan daya angin distribusi weibull definisikan sebagai berikut :

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \dots\dots\dots(8)$$

k dan c adalah parameter bentuk dan skala dan v adalah kecepatan angin. Untuk mendapatkan nilai parameter k dan c diperlukan suatu metode perhitungan, salah satu metode kemungkinan maximum merupakan metode yang dapat menemukan parameter distribusi weibull dengan persamaan sebagai berikut (Sumair et al. 2020):

$$k = \left(\frac{\sum_{i=1}^n V_i^k \ln(V_i)}{\sum_{i=1}^n V_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(V_i)}{n} \right)^{-1} \dots\dots\dots(9)$$

$$c = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^k \right)^{1/k} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana V_i merupakan kecepatan angin dalam waktu i , dan n adalah jumlah elemen bukan-nol dari nilai kecepatan angin.

4.3 Koefisien Determinasi dan Root Mean Square Error

Koefisien Determinasi (R^2) adalah alat untuk mengukur kemampuan model menjelaskan pengaruh variasi variabel bebas terhadap variabel terikat, dengan menggunakan persamaan (Taufan et al. 2020):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(f_i - g_i)^2}{\sum(f_i - \bar{f})^2} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana f_i merupakan nilai frekuensi relatif data pengamatan kecepatan angin, g_i merupakan nilai frekuensi dari Weibull dan \bar{f} adalah rata-rata nilai f_i . nilai Koefisien Determinasi (R^2) adalah bernilai antara nol dan satu. Semakin mendekati nilai satu maka model semakin baik dan dapat digunakan sebagai acuan.

Untuk melihat besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh model dapat menggunakan *Root Mean Square error* (RMSE) dengan persamaan sebagai berikut:

$$RMSE = \left(\frac{\sum(f_i - g_i)^2}{m} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana m merupakan banyak interval kecepatan angin. Semakin kecil nilai RMSE yang didapat atau lebih rendah dari satu atau mendekati nol maka pemodelan perhitungan nilai c dan k parameter Weibull semakin baik.

4.4 Daya Angin dan Energi Angin

Pemanfaatan energi angin untuk menghasilkan energi listrik tergantung pada kecepatan angin, Arah Angin, turbin rotor dan generator yang digunakan, kondisi kecepatan angin yang tidak stabil dan terus berubah sangat mempengaruhi pemilihan turbin dan generator yang digunakan. Tidak semua energi angin bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik dan setiap lokasi mempunyai karakter dan distribusi angin yang berbeda. Berikut merupakan standar kecepatan angin yang bisa dimanfaatkan sebagai energi (Setiawati dan Nugraha 2020)

Tabel.1. Tingkat kondisi dan kecepatan angin 10 meter diatas permukaan tanah:

Kelas	Kecepatan	Kondisi Alam di daratan
1	0 – 0,02	
2	0,3 – 1,5	Angin tenang, Asap Lurus ke Atas
3	1,6 – 3,3	Asap Bergerak Mengikuti Arah Angin
4	3,4 – 5,4	Wajah Terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5 – 7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13,9 -17,1	Ujung Pohon Melengkung, hembusan angin tersa di telinga
9	17,2 – 20,7	Dapat Mematahkan ranting pohon, Jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 25,4	Dapat Mematahkan ranting pohon, Rumah rubuh
11	24,5 – 28, 4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 - 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32, 7 – 36,9	Tornado

Dari tabel diatas, kondisi angin kelompok 1 dan 2 merupakan angin tenang dan mengarah keatas sehingga tidak bisa dimanfaatkan sebagai energi dan kelompok 3 sampai 8 merupakan kondisi angin yang yang bisa dimanfaatkan sebagai energi, dimana angin bergerak meikuti arah angin. Untuk kelompok 9 dan seterusnya angin sudah dalam kondisi sangat kencang atau badai yang bisa mematahkan ranting pohon serta merubuhkan rumah..

angin memiliki energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial yaitu energi relatif yang dipengaruhi oleh tempat atau ketinggian, semakin tinggi lokasi kecepatan angin maka semakin besar energi angin. Sedangkan energi kinetik merupakan perpindahan energi dari satu tempat ke bidang lain seperti perpindahan menggunakan penampang. Energi tersebut dipengaruhi oleh massa, kerapatan jenis dan kecepatan yang terdapat pada angin. Kerapatan daya dapat menggambarkan potensi angin pada lokasi tertentu dimana kepadatan daya angin tergantung dari kecepatan angin dan masa udara dan luas penampang baing-baling. Untuk menghitung kerapatan daya angin dapat menggunakan persamaan (Parmaputra et al. 2018).

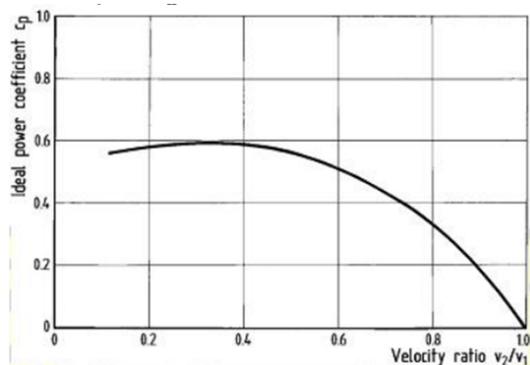
$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 \dots\dots\dots(13)$$

maka daya angin yang melalui baling-baling dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_w = P/A = \frac{1}{2} \rho V^3 \dots\dots\dots(14)$$

Luas Penampang merupakan Diameter Baling-baling dari sebuah turbin $A = \pi r^2(m^2)$ dan ρ menggunakan nilai massa jenis udara standart ($\rho = 1,224 \text{ kg/m}^3$) tekanan udara standart 1 atm dan temperature 15 OC),

Kepadatan energi efektif angin adalah perubahan daya angin menjadi energi turbin atau energi efektif, energi efektif angin tergantung koefisiensi dari proses perubahan energi angin ke energi turbin atau sebelum dan sesudah melewati turbin angin. Dapat dilihat bahwa koefisien daya mencapai maksimum pada rasio kecepatan angin tertentu seperti pada terlihat pada gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Koefisien Daya Berbanding Dengan Rasio Kecepatan Aliran Sebelum dan Setelah Konversi Energi.

Dengan Menggunakan Persamaan betz menyatakan kemampuan turbin merubah energi angin melalui turbin tidak lebih dari 0,593% (Parmaputra et al. 2018) :

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3 \dots\dots\dots(15)$$

untuk menghitung daya angin yang didapat dari parameter Weibull dapat Menggunakan Persamaan (Buhairi 2006):

$$PW = \frac{P_w}{A} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right)$$

Dimana :

- P_w = daya angina weibull (watt/m²)
- ρ = Kerapatan Udara (Kg/ m³)
- V = kecepatan angin (m/s).
- A = Luas penampang (m²)
- c = Nilai Paramater Skala Weibull
- k = Nilai Parameter Bentuk Weibull

maka Energi angin berdasar waktu dari kecepatan angin pada satu lokasi dapat dihitung menggunakan persamaan (Raghel dan Nawir 2015):

$$E = \frac{P_w}{A} = \frac{1}{2} C_p \rho V^3 . t \dots\dots\dots(17)$$

Energi angin berdasar waktu dari kecepatan angin dengan parameter weibull dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$E_w = \frac{P_w}{A} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) t \dots\dots\dots(18)$$

Dimana:

- E_w = Energi Angin Weibull (watt /m²)
- C_p = Konstanta Betz = 59,3 %
- ρ = Kerapatan Udara (Kg/ m³)
- V = kecepatan angin (m/s).
- A = Luas penampang (m²)
- t = Selang Waktu
- c = Nilai Paramater Skala Weibull
- k = Nilai Parameter Bentuk Weibull

Standar klasifikasi daya pembangkit tenaga angin berbeda berdasarkan kelas ketinggian dari pembangkitan angin pada tiap lokasi tertentu, pada tabel 2.2 dapat dilihat standar intenational berdasarkan ketinggian 10 meter, 30 meter dan 50 meter klasifikasi pembangkit tenaga angin:

Tabel 2.2 Standar internasional klasifikasi pembangkit tenaga angin (Baloch et al. 2017)

	Jenis Ketinggian	Ketinggian 10 m		Ketinggian 30 m		Ketinggian 50 m	
		m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²
1	Rendah	0-4,4	0-100	0-5,1	0-160	0-5,4	0-200
2	Menengah	4,4-5,1	100-150	5,1-5,9	160-240	5,4-6,2	200-300
3	Menengah	5,1-5,6	150-200	5,9-6,5	240-320	6,2-6,9	300-400
4	baik	5,6-6,0	200-250	6,5-7	320-400	6,9-7,4	400-500
5	Sangat baik	6,0-6,4	250-300	7,4-7,8	400-480	7,8-8,2	500-600
6	Sangat baik	6,4-7,0	300-400	7,8-8,2	480-640	8,2-8,6	600-800
7	Sangat baik	>7,0	>400	8,2-11	640-1600	>8,6	>800

III. METODE PENELITIAN

Tahapan melakukan penelitian, diperlukan data, literatur dan alat bantu yang mendukung proses analisis, sehingga data yang baik sangat penting untuk diperoleh. Sebelum dimulai penelitian, perlu dilakukan persiapan agar proses penelitian efektif dan hasil penelitian juga valid. Adapun persiapan yang perlu dilakukan sebelum dilakukan proses perolehan data dan analisis data:

1. Studi literatur terkait potensi angin di Lokasi
2. Penentuan dan pengunduhan data angin di laman European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF).
3. Persiapan komputer terkait pemasangan aplikasi pengolahan data.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar dengan Koordinat: 5°12'48.77"N, 95°15'47.93"E. pemilihan lokasi penelitian didasarkan pantai lhong kecamatan Lhong Kabupaten Aceh besar provinsi aceh memiliki wilayah dengan garis pantai yang terbuka langsung menghadap samudera hindia dan dikelilingi pergunungan. Dimana secara umum lokasi yang baik untuk Pembangunan PLTB adalah sebagai berikut :

1. Diantara gunung yang berfungsi sebagai nozzle untuk mempercepat aliran angin
2. Lokasi terbuka yang tidak ada penghalang yang dapat memperlambat kecepatan angin
3. Pantai dimana perbedaan suhu udara daratan dan laut menghasilkan kecepatan angin secara terus menerus
4. Memiliki aksesibilitas yang baik dari segi pembangunan maupun perawatan
5. Memperhatikan sosial budaya setempat

B. Data

arah horizontal pergerakan angin terdiri atas dua jenis arah yaitu arah lintang dan bujur. Arah lintang terdiri dari arah utara dan selatan, sedangkan arah bujur terdiri atas arah timur dan barat. Angin Zonal adalah angin yang bergerak dari timur ke barat atau sebaliknya, sedangkan angin meridional adalah angin yang bergerak dari utara ke selatan atau sebaliknya.

Perolehan data dilakukan dengan cara pengunduhan data. Data yang diunduh merupakan data reanalisis dan observasi dari basis data atmosfer dunia dalam kurun waktu 1 (satu) tahun yaitu pada tahun 2018. Data reanalisis diunduh

dari laman ECMWF yaitu data kecepatan angin rata-rata zonal (U) dan meridional (V) harian pada ketinggian 10 meter. Data harian tersebut terdiri 4 waktu, yaitu pukul 00.00, 06.00, 12.00 dan 18.00 berikut merupakan data kecepatan rata-rata Selama Setahun pada Titik koordinat lokasi penelitian :

Tabel 4. Tabel data kecepatan angin bulanan

No	Bulan	Kecepatan Angin	
		Minimum	Maksimum
1	Januari	0,395	5,136
2	Pebruari	0,285	5,024
3	Maret	0,426	5,318
4	April	0,105	4,116
5	Mei	0,101	4,725
6	Juni	0,297	7,197
7	Juli	2,058	8,078
8	Agustus	2,737	7,393
9	September	0,689	6,527
10	Oktober	0,122	5,209
11	Nopember	0,094	7,177
12	Desember	0,188	5,198

C. Teknik Pengolahan Data dan analisa data

hasil kecepatan angin rata-rata dan arah angin rata-rata didapat. Langkah selanjutnya data tersebut disusun sesuai dengan template data software WRPlot (Wind Rose Plot) untuk ditampilkan dan diamati lebih lanjut agar menghasilkan data yang informatif. Sebelum data ditampilkan, perlu dilakukan pengaturan distribusi angin berdasarkan jumlah arah mata angin dan skala kecepatan angin. Klasifikasi arah mata angin dibagi menjadi 8 (delapan) arah mata angin, yaitu timur, tenggara, selatan barat daya, barat, barat laut, utara, timur laut. Sedangkan klasifikasi kecepatan angin mengikuti skala Beaufort agar memudahkan dalam mengategorikan angin berdasarkan jenisnya. Dari software tersebut dapat dihasilkan 2 (dua) tampilan yaitu windrose dan grafik distribusi. Windrose menginterpretasikan distribusi arah kecepatan angin. Sedangkan grafik menginterpretasikan distribusi angin berdasarkan skala Beaufort.

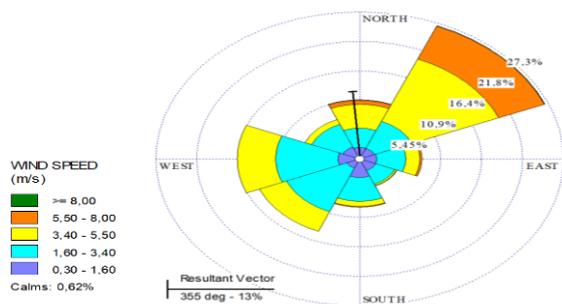
Berikutnya Data kecepatan angin yang dikumpul akan dikonversikan kedalam bentuk Weibull metode kemungkinan maksimum, Untuk mengukur kemampuan model nilai paramater Distribusi Weibull maka dihitung nilai Koefisien Determinasi (R^2) dan Root

Mean Square Error (RMSE) sehingga diperoleh hasil perhitungan Nilai k dan c analisa parameter Weibull dapat dikatakan baik, kecepatan rata-rata angin akan menghasilkan daya angin daya efektif pada lokasi penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arah dan Kecepatan Rata-rata Angin

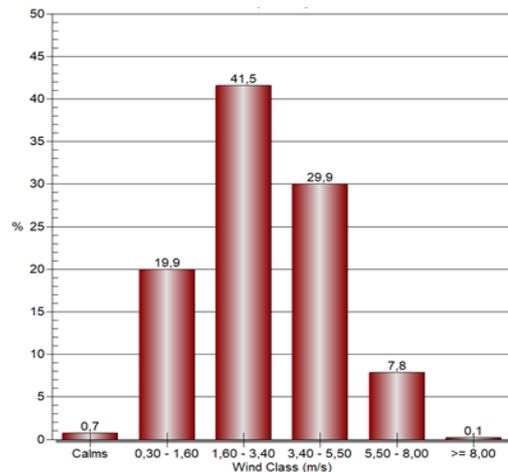
Menggunakan data harian per 4 jam selama 1 tahun, di pantai lhong Kabupaten Aceh Besar, data didapat bersumber dari laman ECMWF yaitu data kecepatan angin rata-rata zonal (U) dan meridional (V) harian pada ketinggian 10 meter, resultan vektor dari hasil tampilan wind rose menunjukkan bahwa arah angin rata-rata (mean) bertiup dari arah timur laut, yaitu dari arah 355° dan besaran vektor (magnitude) menunjukkan jumlah frekuensi yang dihasilkan oleh arah angin rata-rata, yaitu 13%, dari jumlah keseluruhan arah angin., seperti pada gambar 1, dapat diketahui bahwa jenis angin yang terjadi di lokasi penelitian merupakan angin dari arah Utara, Timur Laut dan Timur. Bila di layout pada peta wilayah kabupaten Aceh Besar, maka wilayah utara, timur laut dan timur merupakan wilayah daratan pantai Lhong sehingga kecepatan angin rata-rata didominasi oleh angin yang bertiup dari daratan ke laut atau lebih dikenal dengan angin darat



Gambar 1. Distribusi Arah angin menggunakan tampilan Windrose berdasarkan skala Beaufort

Dari skala beaufort dapat diketahui bahwa jenis angin yang dominan terjadi merupakan angin pada skala 3 dengan kecepatan angin rata-rata dengan rentang skala 1,60-3,40 m/s. dengan persentase masing-masing 41,5%. termasuk ke dalam jenis angin kelas 3 (Asap Bergerak Mengikuti Arah

Angin) dari 13 kelas angin Seperti pada gambar 3. Skala beufort berikut



Gambar 3. Skala Beufort pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar.

Dari Gambar diatas pada titik lokasi juga terdapat angin pada skala 4 dan 6 dari 0-13. Dimana untuk skala 6 dengan kecepatan rata-rata >= 8 m/s sebesar 0,1 % yang termasuk ke dalam jenis angin Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang.

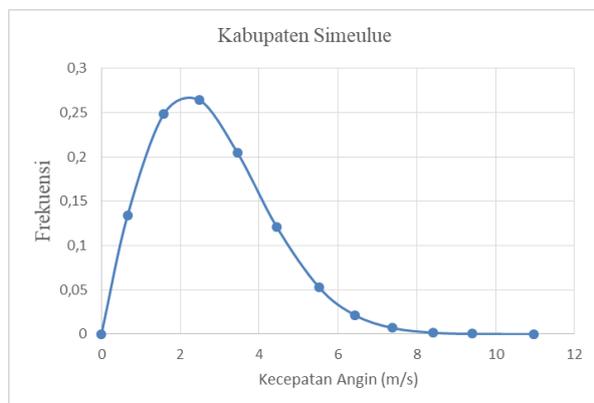
Pada tampilan grafik Gambar 4 dibawah ini menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata bulanan di titik lokasi berkisar pada kecepatan 1,72-5,18 m/s, nilai kecepatan minimum 2,09 m/s ditunjukkan oleh Bulan Mei sedangkan kecepatan angin maksimum 5,18 m/s dan 5,15 m/s ditunjukkan oleh Bulan Juli dan Agustus. Berdasarkan skala Beaufort, Kecepatan angin rata-rata tahunan mencapai 3,00 m/s termasuk ke dalam jenis angin skala 3 dari 0-13 dengan kondisi Asap Bergerak Mengikuti Arah Angin.



Gambar 4. Kecepatan angin rata-rata (m/s) Bulanan

4.2 Daya dan Energi

Peluang kejadian dari persentasi kecepatan angin pada interval kelas nilai tertentu dapat tergambarkan pada distribusi weibull dua parameter. Semakin besar nilai parameter skala menunjukkan semakin banyak interval angin yang terjadi. Hal ini juga mempengaruhi nilai parameter bentuk, dimana semakin banyak interval skala angin semakin kecil nilai parameter bentuk atau frekuensi interval angin. dimana pada lokasi penelitian nilai parameter c dan k weibull metode kemungkinan maksimum adalah $c = 3,387$ dan $k = 1.954$ berikut grafik distribusi Weibull pada lokasi



Gambar 5. Grafik Distribusi Weibull di Pantai Lhong Kab. Aceh Besar

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa kecepatan angin dominan terdistribusi weibull metode kemungkinan maksimum pada lokasi mencapai 2 m/s sebesar 26 % dan Kecepatan 3 m/s sebesar 25 %. hasil uji model distribusi weibull menggunakan Persamaan Koefisien Determinasi (R^2) dan Root Mean Square error (RMSE). Rata-rata nilai R^2 hampir mendekati angka 1 dengan nilai 0,981 dan Nilai RMSE hampir mendekati 0 dengan nilai 0,012. Sehingga model Paramater distribusi weibull bisa digunakan sebagai acuan. Berdasarkan nilai k dan c diketahui daya angin yang dihasilkan di pantai lhong kabupaten aceh besar sebesar 32,411 watt meter dengan energi listrik dihasilkan 168,364 kwh/m/tahun

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dengan menggunakan data dari hasil interpretasi data angin harian yang terdiri dari 4 waktu, yaitu pukul

00.00, 06.00, 12.00 dan 18.00 pada tahun 2018 dapat disimpulkan

1. Berdasarkan skala beaufort, rata-rata angin di pantai lhong kabupaten Aceh Besar provinsi aceh merupakan skala 3 dengan kecepatan 1,6 m/s – 3,4 m/s yaitu Asap Bergerak Mengikuti Arah Angin. Dengan arah angin sesuai arah resultan vektor dari hasil tampilan *wind rose* menunjukkan bahwa arah angin rata-rata (mean) bertiup dari arah timur laut, yaitu dari yaitu dari arah 355° (13%,). Atau kecepatan angin rata-rata didominasi oleh angin yang bertiup dari daratan ke laut atau lebih dikenal dengan angin darat.
2. Kecepatan Rata-rata terdistribusi Weibull mencapai 2 m/s sebesar 26 % dan Kecepatan 3 m/s sebesar 25 %. Daya yang dihasilkan dari potensi angin pada wilayah pantai Lhong Kabupaten Aceh Besar sebesar 32,411 watt meter dengan energi listrik dihasilkan 168,364 kwh/m/tahun, yang termasuk katagori kelompok pembangkit listrik tenaga angin kelas rendah sebagai pembangkit listrik tenaga angin berdasarkan Standar internasional klasifikasi pembangkit tenaga angin.

REFERENSI

- Alfayz, I. 2017. “Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Di Aceh Besar.” *ETD Unsyiah* 9 (1): 26–32. https://etd.unsyiah.ac.id/index.php?p=show_detail&id=30862.
- Allouhi, A., O. Zamzoum, M. R. Islam, R. Saidur, T. Kousksou, A. Jamil, dan A. Derouich. 2017. “Evaluation of wind energy potential in Morocco’s coastal regions.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72 (January): 311–24. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.047>.
- Bachtiar, Antonov, dan Hayyatul. 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>.
- Baloch, Mazhar H., Safdar A. Abro, Ghulam

- Sarwar Kaloi, Nayyar H. Mirjat, Sohaib Tahir, M. Haroon Nadeem, Mehr Gul, Zubair A. Memon, dan Mahendar Kumar. 2017. "A research on electricity generation from wind corridors of Pakistan (two provinces): A technical proposal for remote zones." *Sustainability (Switzerland)* 9 (9). <https://doi.org/10.3390/su9091611>.
- Buhairi, Mahyoub H Al. 2006. "A STATISTICAL ANALYSIS OF WIND SPEED DATA AND AN ASSESSMENT OF WIND ENERGY POTENTIAL IN TAIZ-YEMEN ABSTRACT : Nomenclature : INTRODUCTION :"
- October* 9 (2): 21–33.
- Parmaputra, W, Moch Miftachul A, P Destiyani, M F Husni, dan Triwahju Hardianto. 2018. "Potensi Tenaga Angin Dengan Metode Weibull Analisis untuk Penerapan Renewable Energy di Pantai Watu Ulo Kabupaten Jember." *Seminar Nasional Energi* 3.
- Perpres RI Nomor 22 Tahun. 2017. *Rencana Umum Energi Nasional*. Indonesia.
- Raghel, Yunginger, dan N.Sune Nawir. 2015. "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo." *UNG Repository*. <https://repository.ung.ac.id/riset/show/1/1491/analisis-potensi-energi-angin-sebagai-energi-alternatif-pembangkit-listrik-di-kota-gorontalo.html>.
- Setiawati, Firsta Zukhrufiana, dan Anangirrieza Nugraha. 2020. "Normal Standar Klimatologi Untuk Pemetaan Potensi Energi Angin dan Simulasinya di Wilayah Kalimantan Barat." *Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* 7 (3): 29–35.
- Siagian, Parlin. 2020. "Rekayasa Penanggulangan Fluktuasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vehicle to Grid (V2G)." *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 356–61.
- Sumair, Muhammad, Taueef Aized, Syed Asad Raza Gardezi, Syed Ubaid ur Rehman, dan Syed Muhammad Sohail Rehman. 2020. "A novel method developed to estimate Weibull parameters." *Energy Reports* 6: 1715–33. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.06.017>.
- Taufan, Andi, Mirwan Ardiansyah Karim, Novrinaldi Novrinaldi, Satya Andika Putra, Aidil Haryanto, Eko Kuncoro Pramono, dan Umi Hanifah. 2020. "Studi Eksperimental dan Model Matematika Pengeringan Daun Kelor (Moringa Oleifera) dengan Empat Tipe Pengeringan." *Jurnal Riset Teknologi Industri* 14 (2): 341. <https://doi.org/10.26578/jrti.v14i2.6518>.
- Utami, Irine Rahmi, M. Ishak Jumarang, dan Apriansyah. 2018. "Perhitungan potensi energi angin di kalimantan barat." *Prisma Fisika* 66 (1): 65–69.
- Widyanto, S., S. Wisnugroho, dan M. Agus. 2018. "Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi." *Seminar Nasional Sain dan Teknologi 2018*, 1–12.
- Wildani, Arin, dan Septiana Kurniasari. 2019. "Distribusi Weibull Kecepatan Angin Wilayah Kecamatan Pangarengan Kabupaten Sampang Madura." *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 4 (1): 57. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1135>.
- Yendra, Rado, M Marizal, Wahyu Intas Sawitri, Ari Pani Desvina, dan Rahmadeni. 2018. "Distribusi Weibull Vs Distribusi Rayleigh Pada Pemodelan Kecepatan Angin." *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI-10)*, no. November: 639–42.