

Penentuan Parameter Weibull Untuk Mendapatkan Densitas Daya Angin Di Kawasan Blang Bintang Aceh Besar

Muliadi

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Iskandar MudaJln. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh
muliadi.tripa@gmail.com

Teuku Murisal Asyadi

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Syiah KualaJln. Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7 Darussalam Banda Aceh
t.murisal91@gmail.com

Diterima : April 2021
Disetujui : Mei 2021
Dipublikasi : Juli 2021

Abstrak—Angin adalah salah satu sumber daya energi yang dapat dikonversikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dalam mode *on grid* dan *off grid*. Pada daerah dengan karakteristik angin yang tepat, energi angin mungkin sudah dapat bersaing dengan pembangkit listrik lainnya, tetapi pada beberapa daerah yang tidak memiliki potensi angin yang cukup analisa kecepatan angin perlu dilakukan minimal satu tahun. Dalam penelitian ini, data kecepatan angin diperoleh dari BMKG Blang Bintang Aceh Besar. Selanjutnya semua data dianalisis dengan menggunakan metode numerik yang berbeda untuk mendapatkan parameter fungsi distribusi Weibull bentuk k dan skala c , kecepatan angin rata-rata (V_w), dan potensi energi atau densitas daya angina (P_w) di kawasan Blang Bintang Aceh Besar. Hasilnya, parameter Weibull yang dihitung dengan menggunakan metode empiris dan metode momen dapat menunjukkan hasil yang lebih baik daripada metode grafik. Nilai V_w dan P_w dengan menggunakan metode momen didapatkan masing-masing sebesar 4,60 m/s dan 76,154 Watt/m². Nilai tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan hasil dari menggunakan metode grafik dan empiris yaitu masing-masing V_w sebesar 4,24 m/s dan 4,59 m/s serta P_w sebesar 60,986 W/m² dan 75,649 W/m².

Kata Kunci : Parameter Weibull, Kecepatan Angin, Densitas Daya

Abstract — The wind is one of the convertible energy sources to meet the needs of electric energy in *on-grid* and *off-grid* modes. In areas with the right wind characteristics, wind energy may already be able to compete with other power plants, but in some areas that do not have sufficient wind potential, wind speed analysis needs to be carried out for at least one year. In this study, wind speed data were obtained from BMKG Blang Bintang Aceh Besar. Furthermore, all data were analyzed using different numerical methods to obtain the parameters of the Weibull distribution function of shape k and scale c , average wind speed (V_w), and potential energy or wind power density (P_w) in the Blang Bintang Aceh Besar area. As a result, the Weibull parameter calculated using the empirical method and the moment method can show better results than the graph method. The values of V_w and P_w using the moment method were obtained respectively 4.60 m/s and 76.154 Watt/m². This value is greater when compared to the results

using graphical and empirical methods, namely V_w of 4.24 m/s and 4.59 m/s, respectively, and P_w of 60.986 W/m² and 75.649 W/m².

Keywords: Weibull Parameters, Wind Speed, Power Density

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan teknologi, permintaan akan energi listrik juga semakin meningkat. Umumnya, energi listrik yang digunakan berasal dari sumber daya energi fosil sehingga sangat berdampak terhadap kerusakan lingkungan. Salah satu upaya agar dapat mengurangi dampak tersebut yaitu dengan beralih kepada penggunaan energi yang bersih, ramah terhadap lingkungan, dan baru terbarukan. Dengan demikian, pencarian sumber daya energi baru terbarukan telah menjadi masalah yang sangat penting bagi seluruh dunia karena merupakan faktor yang paling utama dan dapat mempengaruhi perkembangan ekonomi dan sosial suatu daerah maupun dunia [1][2]. Salah satu sumber daya energi baru terbarukan tersebut yaitu energi angin. Energi angin telah digunakan untuk irigasi, penggilingan gandum, kapal dan banyak bidang lainnya karena merupakan sumber energi yang ramah lingkungan. Selanjutnya, energi angin digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan akan menjadi masalah paling penting di masa depan [3]. Saat ini, angin merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan baik dalam mode *on grid* dan *off grid* [4]. Dalam beberapa tahun terakhir, pembangkit listrik dengan sumber energi angin telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat sehingga menjadi teknologi yang matang, andal, dan efisien untuk memproduksi energi listrik [5]. Pada daerah dengan karakteristik angin yang tepat dan stabil, energi angin mungkin sudah bisa bersaing dengan batubara atau pembangkit lainnya, terutama ketika biaya pencemaran diperhitungkan dalam evaluasi ekonomi secara keseluruhan [6]. Kondisi tersebut sangat tidak efisien apabila diterapkan pada daerah-daerah yang tidak memiliki potensi angin yang cukup. Oleh sebab itu, data kecepatan angin perlu dilakukan

analisa selama satu tahun apabila ingin menggunakan potensi angin sebagai sumber pembangkit listrik di daerah tersebut.

Pada beberapa penelitian sebelumnya, metode numerik yang berbeda telah disarankan dalam literatur untuk menghitung parameter distribusi Weibull. Bassyouni dkk. menggunakan data angin dari 11 tahun (2002-2012) untuk menentukan karakteristik angin. Karakteristik ini termasuk kecepatan angin harian, bulanan dan tahunan, distribusi kepadatan probabilitas angin, bentuk k dan skala c parameter pada ketinggian 10 m [7]. Rocha dkk. berurusan dengan evaluasi dan perbandingan metode numerik yang berbeda untuk penilaian efisiensi dalam menentukan parameter untuk fungsi distribusi Weibull, menggunakan data kecepatan angin yang dikumpulkan [8]. Freitas de Andrade dkk. memperkenalkan pendekatan baru untuk menganalisis metode numerik yang digunakan dalam menghitung parameter distribusi Weibull untuk prediksi sumber energi angin [9]. Rehman dkk. meneliti pengukuran kecepatan angin yang dibuat pada tiga ketinggian yang berbeda, dan parameter Weibull untuk mengevaluasi karakteristik kecepatan angin dan potensi tenaga angin [10]. Selanjutnya, Azad dkk. menentukan metode terbaik untuk memperoleh koefisien fungsi distribusi Weibull dan mengevaluasi potensi energi angin pada ketinggian yang berbeda dengan lokasi yang diinginkan dan di diagnosis secara statistik [11].

Berdasarkan latar belakang dan beberapa hasil review tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter Weibull, kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin (*power density*) di kawasan Blang Bintang Aceh Besar. Selanjutnya dalam penelitian ini, parameter bentuk k dan skala c ditentukan dengan menggunakan *Standard Deviation Method* (STDM) yaitu dengan metode grafik, metode empiris, dan metode momen.

II. METODE

Data kecepatan angin dalam penelitian ini diambil melalui Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Blang Bintang Aceh Besar. Data tersebut diukur pada ketinggian 10 m dan diambil selama satu tahun yaitu dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember tahun 2019. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan densitas daya angin di kawasan Blang Bintang Aceh Besar dengan menentukan parameter fungsi Weibull menggunakan metode grafik, metode empiris, dan metode momen.

Metode distribusi Weibull merupakan yang paling dapat diandalkan untuk estimasi energi angin [12]. Untuk mengidentifikasi suatu wilayah dengan potensi tenaga angin, maka perlu mengukur nilai kecepatan angin pada interval waktu tertentu. Parameter bentuk k dan skala c merupakan fungsi distribusi Weibull yang sering digunakan untuk menentukan kecepatan angin rata-rata dan potensi energi [13].

Namun, terdapat banyak fungsi distribusi untuk mengevaluasi distribusi kecepatan angin dan potensi tenaga angin diantaranya dengan menggunakan fungsi distribusi Weibull dan Rayleigh. Distribusi Rayleigh merupakan distribusi yang paling populer dari semuanya dibandingkan dengan distribusi Weibull. Namun, distribusi Rayleigh kurang fleksibel dan perhitungannya lebih mudah karena merupakan fungsi satu parameter [14].

Selanjutnya dengan menggunakan distribusi Weibull, kecepatan angin dikelompokkan secara periodik sehingga

densitas probabilitas masing-masing rasio kecepatan angin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$p(v_i) = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (1)$$

Dimana f_i adalah frekuensi kemunculan setiap interval kecepatan angin, N adalah jumlah hari dalam periode waktu yang dipertimbangkan, dan $p(v_i)$ adalah densitas probabilitas terakumulasi [3].

Kedua parameter fungsi distribusi Weibull untuk kecepatan angin dan fungsi distribusi kumulatif dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

Dimana $f(v)$ adalah probabilitas kecepatan angin (v), k adalah parameter bentuk Weibull tanpa dimensi, c adalah parameter skala Weibull yang memiliki nilai referensi dalam satuan kecepatan angin, dan $F(v)$ adalah fungsi probabilitas kumulatif dari kecepatan angin (v) [7].

Ada banyak metode untuk menentukan parameter fungsi Weibull dalam mengkarakterisasi data kecepatan angin. Fungsi distribusi Weibull merupakan fungsi tiga parameter, tetapi untuk kecepatan angin diketahui dapat dinyatakan secara matematis dalam model dua parameter [15][16].

A. Metode Grafik

Metode grafik diterapkan oleh fungsi logaritma dari fungsi distribusi kumulatif $F(v)$, yaitu fungsi probabilitas kumulatif yang dimodifikasi karena penyisipan transformasi logaritmik ganda [17]. Jika persamaan (3), logaritma ganda dari dua sisi ditulis ulang dalam bentuk linear, maka akan menghasilkan persamaan (4) dan (5) sebagai berikut:

$$-\left(\frac{v}{c}\right)^k = \ln[1 - F(v)] \quad (4)$$

$$k \ln(v) - k \ln(c) = \ln[-\ln[1 - F(v)]] \quad (5)$$

Jadi, jika $x = \ln(v)$, $y = \ln[-\ln[1 - F(v)]]$, $A = k$ dan $B = -k \ln(c)$, maka didapat persamaan linear sebagai $y = Ax + B$. Selanjutnya, didapatkan $c = \exp(-B/A)$ dari $B = -k \ln(c)$ [12].

Setelah menentukan nilai $y = Ax + B$, maka parameter k dan c dapat dihitung dengan persamaan:

$$k = A; c = \exp\left(\frac{-B}{A}\right) \quad (6)$$

B. Metode Empiris

Metode Empiris merupakan metode dengan distribusi data yang memungkinkan untuk memecahkan hubungan antara nilai rata-rata kecepatan angin dan nilai standar deviasi antara bentuk parameter menggunakan metode numerik untuk menentukan skala dan bentuk parameter dapat dinyatakan seperti pada persamaan (7) sampai dengan persamaan (10) [8][18].

$$v_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - v_m)^2} \quad (8)$$

$$k = \left(\frac{\sigma}{v_m}\right)^{-1.086} \quad (9)$$

$$c = \frac{v_m}{\Gamma(1+(1/k))} \quad (10)$$

Keterangan:

Γ adalah fungsi gamma

v_m adalah kecepatan angin rata-rata

σ adalah standar deviasi

C. Metode Momen

Merupakan salah satu metode tertua yang digunakan untuk menentukan parameter distribusi Weibull. Dua momen pertama fungsi densitas Weibull digunakan untuk menghitung parameter bentuk k dan skala c . Perhitungan didasarkan pada standar deviasi (σ), kecepatan angin rata-rata (v_m) dan fungsi gamma (Γ) [8][11].

$$k = \left(\frac{0,9874}{\frac{\sigma}{v_m}}\right)^{1.0983} \quad (11)$$

$$c = \frac{v_m}{\Gamma(1+(1/k))} \quad (12)$$

Parameter bentuk Weibull k adalah faktor yang sangat penting untuk mengetahui karakteristik kecepatan angin pada lokasi angin tertentu. Faktor skala Weibull c menunjukkan potensi kekuatan angin. Jadi, semakin besar nilai c , maka semakin tinggi potensi anginnya.

D. Densitas Daya (Power Density)

Perkiraan kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin diperkirakan dengan menggunakan tiga metode serta parameter distribusi Weibull yang diperoleh. Selanjutnya, nilai perkiraan dibandingkan dengan kecepatan angin rata-rata nyata dan nilai densitas daya yang diperoleh dari hasil pengukuran. Hal ini dilakukan sebagai indikator untuk mengevaluasi keakuratan metode yang digunakan. Untuk data seri waktu nyata, kecepatan angin rata-rata (v_m) dan densitas daya angin (P_m) dapat dihitung dengan persamaan berikut [19]:

$$v_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (13)$$

$$P_m = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (14)$$

Selanjutnya, kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin juga dapat dihitung dengan menggunakan parameter bentuk k dan skala c . Kecepatan angin rata-rata (V_w) dan densitas daya angin (P_w) dari fungsi distribusi Weibull dapat diperkirakan dengan persamaan berikut [20]:

$$V_w = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (15)$$

$$P_w = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (16)$$

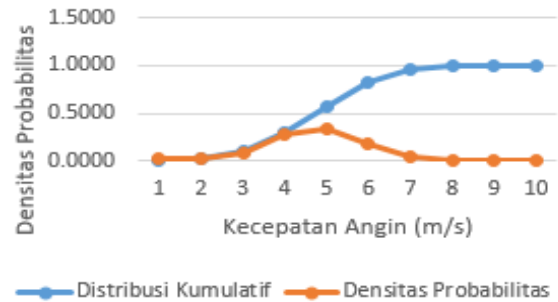
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data frekuensi dan probabilitas berkala kecepatan angin perhari yang didapatkan melalui BMKG Blang Bintang Aceh Besar ditunjukkan dalam Tabel 1. Pada kolom kedua terdapat data kecepatan angin yang dikelompokkan secara periodik. Kolom ketiga menunjukkan kecepatan angin rata-rata untuk setiap rasio atau frekuensinya. Jumlah frekuensi kecepatan angin terdapat pada kolom keempat, dan kolom kelima menunjukkan densitas probabilitas terakumulasi yang dihitung berdasarkan persamaan (1).

TABEL 1. FREKUENSI DAN PROBABILITAS BERKALA KECEPATAN ANGIN PERHARI UNTUK WILAYAH BLANG BINTANG ACEH BESAR

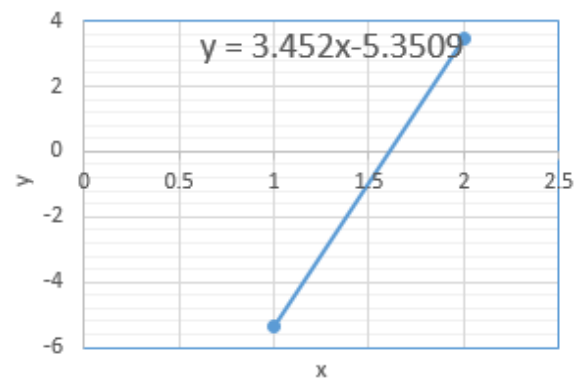
| i | v_i (m/s) | v_i' (m/s) | f_i | $p(v_i)$ | $P(v_i)$ |
|-----|-------------|--------------|-------|----------|----------|
| 1 | 0-1 | 0.5 | 10 | 0.027 | 0.027 |
| 2 | 1-2 | 1.5 | 8 | 0.022 | 0.049 |
| 3 | 2-3 | 2.5 | 33 | 0.09 | 0.14 |
| 4 | 3-4 | 3.5 | 102 | 0.279 | 0.419 |
| 5 | 4-5 | 4.5 | 122 | 0.334 | 0.753 |
| 6 | 5-6 | 5.5 | 65 | 0.178 | 0.932 |
| 7 | 6-7 | 6.5 | 18 | 0.049 | 0.981 |
| 8 | 7-8 | 7.5 | 5 | 0.014 | 0.995 |
| 9 | 8-9 | 8.5 | 1 | 0.003 | 0.997 |
| 10 | 9-10 | 9.5 | 1 | 0.003 | 1.000 |

Berdasarkan Tabel 1, nilai densitas probabilitas dan distribusi probabilitas kumulatif kecepatan angin untuk kawasan Blang Bintang Aceh Besar selama satu tahun dapat diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Densitas probabilitas dan distribusi probabilitas kumulatif kecepatan angin

Selanjutnya, pada metode grafik nilai numerik dari A dan B pada $y = Ax + B$ harus ditentukan terlebih dahulu agar didapatkan parameter bentuk k dan skala c . Hasil selengkapannya ditampilkan pada Gambar 2.

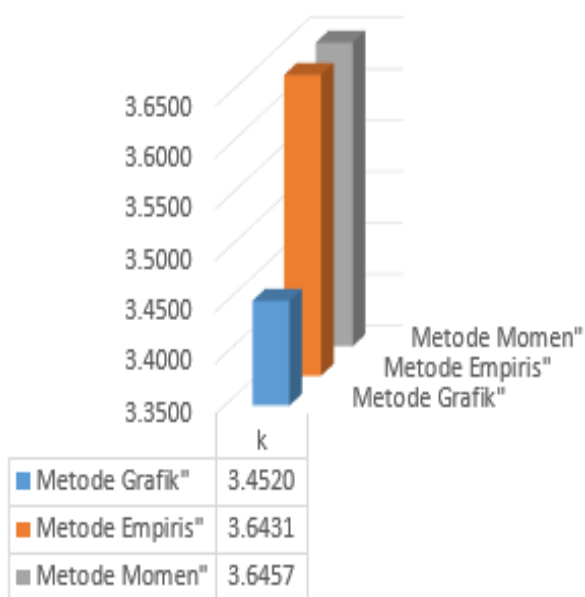


Gambar 2. Hasil regresi linear dari data angin untuk wilayah Blang Bintang Aceh Besar

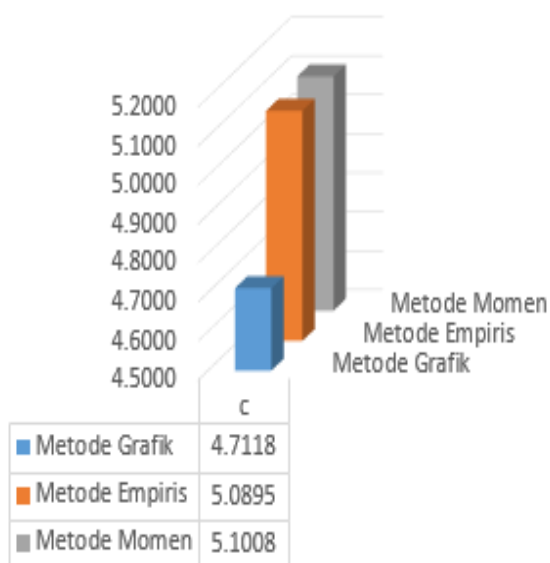
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai numerik A dan B yaitu sebesar $y = 3.452x - 5.3509$. Jadi pada metode grafik, dengan menggunakan persamaan (6) maka parameter bentuk k didapatkan sebesar 3.4520 dan skala c sebesar 4.7118.

Untuk parameter bentuk k dan skala c dengan menggunakan metode empiris, nilai rata-rata kecepatan angin dan standar deviasi yang dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (7) dan (8). Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (9), parameter bentuk k didapatkan sebesar 3.6431 dan dengan menggunakan persamaan (10), parameter skala c didapatkan sebesar 5.0895.

Kemudian pada metode momen, persamaan (11) dan (12) digunakan untuk menentukan parameter distribusi Weibull yaitu parameter bentuk k dan skala c. Hasilnya didapatkan bahwa parameter bentuk k sebesar 3.6457 dan parameter skala c sebesar 5.1008. Hasil selengkapnya dari ketiga metode tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 berikut ini.



Gambar 3. Parameter bentuk k dari ketiga metode



Gambar 4. Parameter skala c dari ketiga metode

Hasil uji statistik, pada Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa metode empiris dan metode momen dapat memberikan hasil terbaik saat menentukan koefisien Weibull dibandingkan dengan metode grafik. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode numerik yang paling sesuai untuk menentukan koefisien atau parameter fungsi distribusi Weibull di wilayah Blang Bintang Aceh Besar yaitu metode momen.

Setelah mendapatkan parameter fungsi distribusi Weibull, langkah selanjutnya menentukan kecepatan angin rata-rata dan densitas daya untuk wilayah Blang Bintang Aceh Besar. Berdasarkan persamaan (13) dan (14) didapatkan bahwa kecepatan angin rata-rata yang diukur adalah sebesar 4.243 m/s dan densitas angin (ρ) sekitar 1,225 kg/m³, sehingga densitas daya angin didapatkan sebesar 46.787 W/m². Hasil tersebut didapatkan sesuai dengan data kecepatan angin yang diukur setiap hari pada tahun 2019. Berdasarkan data kecepatan angin tersebut diketahui bahwa kawasan Blang Bintang Aceh Besar memiliki potensi energi angin yang baik.

Kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin juga dapat dihitung dengan menggunakan parameter bentuk k dan skala c yaitu dengan menggunakan persamaan (15) dan (16). Hasilnya seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

TABEL 2. KECEPATAN ANGIN RATA-RATA DAN DENSITAS DAYA ANGIN DARI TIGA METODE

| Metode | k | c (m/s) | Vw (m/s) | Pw (W/m ²) |
|----------------|--------|---------|----------|------------------------|
| Metode Grafik | 3.4520 | 4.7118 | 4.24 | 60.986 |
| Metode Empiris | 3.6431 | 5.0895 | 4.59 | 75.649 |
| Metode Momen | 3.6457 | 5.1008 | 4.60 | 76.154 |

Tabel 2 menunjukkan nilai kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin yang dihitung berdasarkan metode distribusi Weibull. Hasilnya didapatkan bahwa metode empiris dan metode momen telah menunjukkan hasil yang lebih baik dalam menghitung densitas daya angin dibandingkan dengan metode grafik. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan ketiga metode tersebut sesuai dengan nilai riil di wilayah Blang Bintang Aceh Besar menurut tahun 2019.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil uji statistik menunjukkan bahwa metode empiris dan metode momen adalah metode terbaik dalam menentukan parameter bentuk k dan skala c. Pada tahun 2019, kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin di kawasan Blang Bintang Aceh Besar dengan menggunakan metode grafik masing-masing diperoleh sebesar 4.24 m/s dan 60.986 W/m², metode empiris masing-masing sebesar 4.59 m/s dan 75.649 W/m², dan metode momen masing-masing sebesar 4.60 m/s dan 76.154 W/m². Menurut data kecepatan angin tahun 2019, metode empiris dan metode momen telah menunjukkan hasil yang lebih baik daripada metode grafik dalam menghitung kecepatan angin rata-rata dan densitas daya angin di kawasan Blang Bintang Aceh Besar.

REFERENSI

- [1] S. Ointu, "Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu," vol. 2, pp. 30–38, 2020.
- [2] Y. A. Kaplan, "Overview of wind energy in the world and assessment of current wind energy policies in Turkey," *Renew. Sustain. Energy*

- Rev., vol. 43, pp. 562–568, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.RSER.2014.11.027.
- [3] Y. Alper, “Determination of the best Weibull methods for wind power assessment in the southern region of Turkey,” 2016, doi: 10.1049/iet-rpg.2016.0206.
 - [4] M. Gabbasa, K. Sopian, Z. Yaakob, M. R. Faraji, A. Fudholi, and N. Asim, “Review of the energy supply status for sustainable development in the Organization of Islamic Conference,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 28, pp. 18–28, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.07.045.
 - [5] M. Çapik and A. Osman, “Present situation and potential role of renewable energy in Turkey,” vol. 46, 2012, doi: 10.1016/j.renene.2012.02.031.
 - [6] GWEC, “Global Wind Energy Council 2015 Report,” 2015.
 - [7] M. Bassyouni et al., “Assessment and analysis of wind power resource using weibull parameters,” vol. 33, no. 1, pp. 105–122, 2015, doi: 10.1260/0144-5987.33.1.105.
 - [8] P. Alexandre, C. Rocha, R. C. De Sousa, C. F. De Andrade, and M. Eugênia, “Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil,” *Appl. Energy*, vol. 89, no. 1, pp. 395–400, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.08.003.
 - [9] C. F. De Andrade, H. Falcão, M. Neto, P. Alexandre, C. Rocha, and M. Eugênia, “An efficiency comparison of numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy applications : A new approach applied to the northeast region of Brazil,” *ENERGY Convers. Manag.*, vol. 86, pp. 801–808, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.06.046.
 - [10] S. Rehman, A. M. M. Alam, J. P. Meyer, K. Fahd, S. Arabia, and S. Africa, “International Journal of Green Energy Wind Speed Characteristics and Resource Assessment Using Weibull Parameters,” no. August 2013, pp. 37–41, 2012, doi: 10.1080/15435075.2011.641700.
 - [11] A. K. Azad, M. G. Rasul, and T. Yusaf, “Statistical Diagnosis of the Best Weibull Methods for Wind Power Assessment for Agricultural Applications,” pp. 3056–3085, 2014, doi: 10.3390/en7053056.
 - [12] Y. M. Kantar and I. Usta, “Analysis of wind speed distributions : Wind distribution function derived from minimum cross entropy principles as better alternative to Weibull function,” vol. 49, pp. 962–973, 2008, doi: 10.1016/j.enconman.2007.10.008.
 - [13] M. R. Islam, R. Saidur, and N. A. Rahim, “Assessment of wind energy potentiality at Kudat and Labuan , Malaysia using Weibull distribution function,” *Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 985–992, 2011, doi: 10.1016/j.energy.2010.12.011.
 - [14] E. K. Akpınar and S. Akpınar, “Statistical analysis of wind energy potential on the basis of the Weibull and Rayleigh distributions for Agin-Elazığ , Turkey,” vol. 218, pp. 557–565, 2010.
 - [15] E. C. Morgan, M. Lackner, R. M. Vogel, and L. G. Baise, “Probability distributions for offshore wind speeds,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 52, no. 1, pp. 15–26, 2011, doi: 10.1016/j.enconman.2010.06.015.
 - [16] K. Mohammadi and A. Mostafaeipour, “Using different methods for comprehensive study of wind turbine utilization in Zarrineh , Iran,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 65, pp. 463–470, 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2012.09.004.
 - [17] B. Basu, D. Tiwari, D. Kundu, and R. Prasad, “Is Weibull distribution the most appropriate statistical strength distribution for brittle materials?,” vol. 35, pp. 237–246, 2009, doi: 10.1016/j.ceramint.2007.10.003.
 - [18] R. Danwe, “International Journal of Sciences : Basic and Applied Research Performance Assessment of Two-parameter Weibull Distribution Methods for Wind Energy Applications in the District of Maroua in Cameroon,” no. July, 2014.
 - [19] A. I. N. Press, “Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kırklareli , Turkey Murat Go,” vol. 32, pp. 1739–1752, 2007, doi: 10.1016/j.renene.2006.11.017.
 - [20] T. Arslan, Y. M. Bulut, A. Alt, and M. Carlo, “Comparative study of numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy potential,” vol. 40, pp. 820–825, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.08.009.