

Received: 14 April 2022

Revised: 14 June 2022

Accepted: 27 June 2022

Published: 30 June 2022

Analisis Data Kecepatan Angin di Pulau Jawa Menggunakan Distribusi Weibull

Atika Ratna Dewi^{1, a)}, Sri Handini^{2, b)}, Nadia Putri Anggraeni^{3, c)}, Rio Ghaniy Septiansyah^{4, d)}

^{1,2,3,4}*Program Studi Sains Data, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. DI Panjaitan No.128, Karangreja, Purwokerto Kidul, Kec. Purwokerto Sel., Kabupaten Banyumas,
Jawa Tengah 53147*

Email: ^{a)}atika@ittelkom-pwt.ac.id, ^{b)}20110019@ittelkom-pwt.ac.id, ^{c)}20110024@ittelkom-pwt.ac.id,
^{d)}20110016@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

The wind is one of the renewable energy products that are environmentally friendly and has a great opportunity as a source of meeting the energy needs of the world's population. In using wind as renewable energy, research must be carried out first to determine wind conditions in an area. The Weibull distribution is a suitable method used to determine wind speed and the wind energy potential in certain areas over a certain period. In this journal, we will discuss the analysis of wind speed data in Java using the Weibull distribution to see the potential for wind distribution in several areas on the island of Java. From the results of the analysis, the wind speed results by province are as follows, Banten Province 2 m/s with a probability of 65%, DKI Jakarta 3 m/s with a probability of 30%, West Java 3 m/s with a probability of 90%, Central Java 8 m/s with a probability of 11%, East Java 7 m/s with a probability of 7%, D.I. Yogyakarta is less than 1 m/s with a probability of 98%. The results of the plot of the probability solid function of the Weibull distribution show that the shape of the provincial velocity data curve that corresponds to the Weibull distribution curve is only the curve of East Java Province with a value of $1 < k < 2$, namely $k = 1.74$.

Keywords: Weibull Distribution, Wind Speed Distribution, Java Island

Abstrak

Angin adalah salah satu produk energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berpeluang besar sebagai sumber pemenuhan kebutuhan energi penduduk dunia. Dalam pemanfaatan angin sebagai energi terbarukan harus dilakukan penelitian terlebih dahulu guna mengetahui kondisi angin di suatu wilayah dan metode yang cocok digunakan untuk mengetahui kecepatan angin dan potensi energi angin di daerah tertentu selama periode waktu tertentu adalah distribusi *Weibull*. Dalam jurnal ini yang akan dibahas adalah analisis data kecepatan angin di Pulau Jawa menggunakan

distribusi *Weibull* untuk melihat potensi sebaran angin di beberapa daerah di Pulau Jawa. Dari hasil analisis diperoleh hasil kecepatan angin menurut provinsi sebagai berikut, Provinsi Banten 2 m/s dengan probabilitas 65%, DKI Jakarta 3 m/s dengan probabilitas 30%, Jawa Barat 3 m/s dengan probabilitas 90%, Jawa Tengah 8 m/s dengan probabilitas 11%, Jawa Timur 7 m/s dengan probabilitas 7%, D.I. Yogyakarta kurang dari 1 m/s dengan probabilitas 98%. Hasil plot kurva fungsi padat peluang distribusi *Weibull* menunjukkan bahwa bentuk kurva data kecepatan provinsi yang sesuai dengan kurva distribusi *Weibull* hanya kurva Provinsi Jawa Timur dengan nilai $1 < k < 2$, yaitu $k = 1,74$.

Kata-kata kunci: Distribusi *Weibull*, Distribusi Kecepatan Angin, Pulau Jawa

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, semakin banyak juga hal – hal yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menunjang kehidupannya. Salah satunya adalah pemanfaatan angin untuk memenuhi kebutuhan manusia. Beberapa tahun terakhir yang sangat menarik perhatian adalah pemanfaatan angin sebagai salah satu produk energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berpeluang besar sebagai sumber pemenuhan kebutuhan energi penduduk dunia (AIQdah et al., 2021). Hal ini terlihat dari banyaknya negara yang mulai membangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di negaranya (Olomiyesan, 2018).

Dalam pemanfaatan angin sebagai energi terbarukan, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan terlebih dahulu. Tahapan paling dasar adalah mencari tahu bagaimana keadaan angin di suatu wilayah tertentu (Mahmood, Resen and Khamees, 2020). Metode yang dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi angin di suatu wilayah adalah analisis data kecepatan angin menggunakan distribusi *Weibull*, distribusi Rayleigh dan distribusi Log normal. Dari ketiganya distribusi *Weibull* adalah metode yang terbaik karena parameter k dan c yang ada di distribusi *Weibull* dapat membantu menentukan karakteristik angin (Guenoukpati et al., 2020).

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Wildani and Kurniasari, 2019) mengenai penggunaan distribusi *Weibull* untuk kecepatan angin di kawasan Kecamatan Pangarengan kab. Sampang Madura dan hasil yang didapat adalah dalam rentang tahun 2016 – 2017 kecepatan angin di kawasan tersebut berkisar 2,44 – 2,62 m/s dengan probabilitas angin berkisar 45%-70% serta potensi angin berkisar 300 – 700 KWH/m²/tahun.

Pada penelitian ini akan dibahas analisis data kecepatan angin di Pulau Jawa menggunakan distribusi *Weibull*, karena untuk saat ini PLTB hanya terdapat di Sulawesi Selatan, maka dari itu peneliti ingin memastikan apakah ada potensi pembangunan PLTB di Pulau Jawa, sebagai cadangan listrik tambahan, mengingat cadangan listrik di Jawa-Bali akan mencapai 61% dari total kebutuhan dalam beberapa tahun ke depan (Mudassir, R. 2021). Metode yang digunakan adalah distribusi *Weibull* karena cocok digunakan untuk analisis data kecepatan angin di Pulau Jawa guna mengetahui potensi energi angin di daerah tersebut selama periode waktu 2011-2015. Seperti yang dijelaskan dalam jurnal (Sumair et al., 2021; Rodrigo and Larico, 2021) bahwa distribusi *Weibull* bisa digunakan untuk mengetahui potensi energi angin di daerah tertentu selama periode waktu tertentu.

METODOLOGI

Bahan dan Data

Data yang digunakan adalah data kecepatan angin dan kelembaban di Stasiun Pengamatan BMKG Tahun 2011 sampai 2015 di berbagai Provinsi tertentu yang ada di Indonesia yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS). Dalam jurnal ini, peneliti hanya mengolah data kecepatan anginnya saja di wilayah provinsi Banten, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, D.I. Yogyakarta dan Jawa Timur pada tahun 2011 sampai 2015 karena data tersebut adalah variabel *random* yang akan dicari peluang terjadinya melalui distribusi *Weibull*.

TABEL 2. Data Kecepatan Angin (m/det)

Tahun	Provinsi					
	Banten	Jakarta	Jabar	Jateng	DIY	Jatim
2011	2,40	2,40	3,00	10,30	1,00	7,20
2012	2,30	4,70	3,20	10,20	0,60	13,30
2013	2,30	3,92	3,00	10,30	4,30	19,25
2014	1,90	2,80	3,33	6,00	0,80	7,30
2015	0,99	1,54	2,14	2,83	0,07	3,88

Metode Penelitian

Distribusi Weibull

Terdapat dua rumus fungsi distribusi *Weibull* untuk menganalisis kecepatan angin, yaitu Fungsi Padat peluang (Rodrigo and Larico, 2021):

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp \left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k \right]; (k > 0, v > 0, c > 1)$$

Dan fungsi distribusi kumulatif *Weibull* (Riskah, 2021):

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Keterangan:

k = *Shape*

c = *Scale*

Parameter Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* mempunyai dua parameter, yaitu k dan c dan nilai dari kedua parameter ini tergantung pada nilai kecepatan anginnya (Wildani and Kurniasari, 2019). K adalah parameter bentuk (*shape*) yang menentukan bentuk kurva distribusi *Weibull*. C adalah parameter skala (*scale*) yang menggambarkan kecepatan angin (Rodrigo and Larico, 2021; Badawi et al., 2019).

Dalam jurnal (Sumair et al., 2021) terdapat banyak metode yang digunakan untuk menentukan parameter distribusi *Weibull*, diantaranya *Maximum Likelihood Method* (MLM), *Method of Moment* (MOM), *Empirical Method* atau *Standard Deviation Method* (STD), *Empirical Method of Lysen* (EML), dan *Energy Pattern Factor Method* (EPFM). Namun, perbedaan jurnal ini dengan jurnal yang sebelumnya adalah dalam penelitian ini peneliti hanya akan menggunakan satu metode yaitu distribusi *Weibull* saja, dengan penentuan parameter menggunakan *Standard Deviation Method*. Pemilihan *Standard Deviation Method* karena menghasilkan nilai parameter yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain (Guenoukpati et al., 2020). Dalam metode ini kecepatan angin rata-rata dan nilai standar deviasi akan digunakan untuk menghitung parameter k dan c dengan persamaan sebagai berikut (Olomiyesan, 2018; Kaplan, 2020):

$$k = \left(\frac{\sigma}{V_m}\right)^{-1,086}$$

$$c = V_m \left(\frac{k^{2.6674}}{0.184 + (0.186k^{2.73859})}\right)$$

$$\sigma = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (V_i - V_m)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_m = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n V_i$$

Keterangan:

- σ = Standar Deviasi
- V_m = Kecepatan angin rata-rata (ms^{-1})
- V_i = Kecepatan angin yang diamati

HASIL DAN PEMBAHASAN

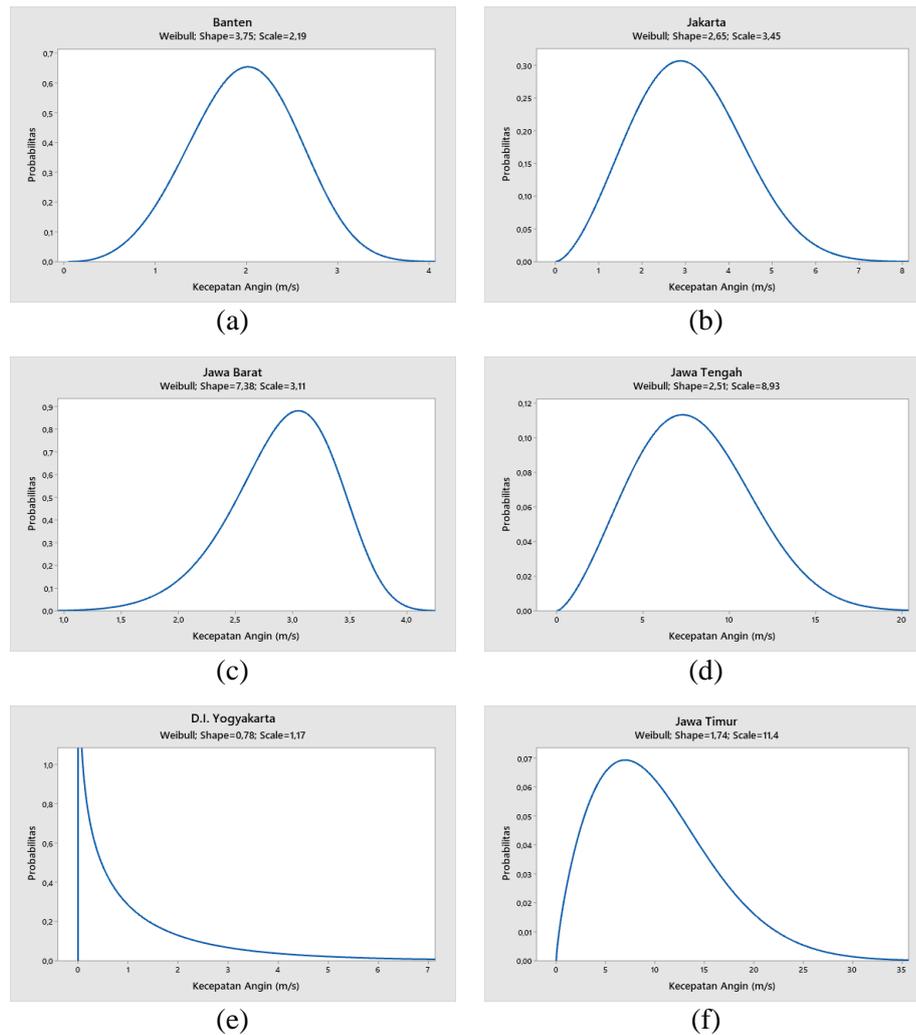
Dari data kecepatan angin per-provinsi di Pulau Jawa tahun 2011 – 2015 akan dihitung terlebih dahulu nilai kecepatan rata-rata (V_m) menggunakan persamaan (4) dan Standar Deviasi (σ) menggunakan persamaan (3). Setelah didapat nilai V_m dan σ maka dapat dihitung parameter k menggunakan persamaan (3) dan parameter c menggunakan persamaan (4). Sehingga diperoleh masing-masing parameter k dan c sebagai berikut:

TABEL 2. Nilai Parameter Weibull

Provinsi	V_m	σ	k	c
Banten	1,97	0,58	3,75	2,19
DKI Jakarta	3,07	1,24	2,65	3,45
Jawa Barat	2,93	0,46	7,38	3,11
Jawa Tengah	7,92	3,39	2,51	8,93
DI Yogyakarta	1,35	1,68	0,78	1,17
Jawa Timur	10,18	6,10	1,74	11,4

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai k dan c yang dihasilkan sangat bervariasi. Nilai parameter k tertinggi dimiliki oleh Provinsi Jawa Barat, yaitu 7,38 dan terendah dimiliki oleh D.I. Yogyakarta, yaitu 0,78. Sedangkan untuk nilai parameter c tertinggi dimiliki oleh Provinsi Jawa Timur, yaitu 11,4 (m/s) dan nilai parameter c terendah dimiliki oleh provinsi D.I. Yogyakarta, yaitu 1,17 (m/s).

Untuk mengetahui probabilitas kecepatan angin di stasiun BMKG di Pulau Jawa, maka dibuat visualisasi kurva fungsi padat peluang distribusi Weibull persamaan (1) menggunakan *software minitab*. Hasil dari visualisasi disajikan oleh gambar di bawah ini.



GAMBAR 1. Distribusi *Weibull* tahun 2011 – 2015 di Pulau Jawa

Dapat dilihat pada GAMBAR 1 terdapat kurva distribusi *Weibull* untuk masing-masing provinsi di Pulau Jawa selama tahun 2011 – 2015. Provinsi D.I Yogyakarta memiliki bentuk kurva yang jauh berbeda dengan kurva provinsi lainnya, hal ini karena pengaruh parameter k sebagai parameter bentuk (Fachri and Hendrayana, 2017). Provinsi D.I. Yogyakarta memiliki nilai $k \leq 1$, yaitu 0,78 yang menyebabkan terbentuknya kurva distribusi eksponensial. Provinsi Jawa Timur memiliki bentuk kurva ideal distribusi *Weibull*, karena memiliki nilai $1 < k \leq 2$, yaitu 1,74. Provinsi Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat dan Jawa Tengah memiliki bentuk kurva yang sama, yaitu kurva normal. Hal ini karena masing-masing provinsi tersebut memiliki nilai $k \geq 2$, Provinsi Banten memiliki nilai $k = 3,75$, Provinsi DKI Jakarta memiliki nilai $k = 2,65$, Provinsi Jawa Barat memiliki nilai $k = 7,38$, dan Provinsi Jawa Tengah memiliki nilai $k = 2,51$.

Pada GAMBAR 1 juga dapat diketahui berapa persen kecepatan angin dengan nilai tertentu terjadi di Pulau Jawa selama tahun 2011 – 2015. Di Provinsi Banten kecepatan angin yang paling sering terjadi adalah 2 m/s dengan probabilitas kejadian angin 65%. Kecepatan angin yang paling sering terjadi di DKI Jakarta adalah 3 m/s dengan probabilitas kejadian angin 30%. Provinsi Jawa Barat memiliki kecepatan angin yang sama dengan DKI Jakarta. Namun, probabilitas kejadiannya lebih tinggi 3 kali lipat, yaitu 90%. Jawa Tengah memiliki kecepatan angin paling tinggi diantara provinsi lain di Pulau Jawa, yaitu 8 m/s dengan probabilitas kejadian angin 11%. Di Provinsi D.I. Yogyakarta sangat minim terjadinya kecepatan angin yang tinggi, kecepatan angin yang sering terjadi kurang dari 1 m/s dengan

probabilitas hampir 98%. Di Provinsi Jawa Timur kecepatan angin 7 m/s dengan probabilitas kejadian angin 7%.

Dari keenam plot kurva fungsi padat peluang distribusi *Weibull* yang dihasilkan hanya kurva wilayah Provinsi Jawa Timur yang sesuai dengan ketentuan kurva distribusi *Weibull* yang ideal yaitu nilai k berada di angka 1,74 artinya nilai k berada diantara angka 1 sampai 2 dengan kecepatan angin 7 m/s dan probabilitas kejadian angin 7%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wildani and Kurniasari, 2019) bahwa Distribusi *Weibull* dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi angin di suatu wilayah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data kecepatan angin pada Stasiun BMKG di Pulau Jawa menggunakan distribusi *Weibull* dalam rentang tahun 2011-2015 didapat kesimpulan provinsi di Pulau Jawa yang memiliki kecepatan angin tertinggi ada di Jawa Tengah, yaitu 8 m/s dengan probabilitas kejadian angin 11%. Sedangkan wilayah dengan kecepatan angin terendah adalah D.I. Yogyakarta, yaitu kurang dari 1 m/s dengan probabilitas 98%. Jawa Barat dan DKI Jakarta memiliki kecepatan angin yang sama, yaitu 3 m/s. Namun, dengan probabilitas yang berbeda Jawa Barat 90% sedangkan DKI Jakarta 30%. Jawa Timur kecepatan angin 5 m/s dengan probabilitas kejadian angin 7%. Terakhir, Banten kecepatan angin yang paling sering terjadi adalah 2 m/s dengan probabilitas kejadian angin 65%. Hasil plot kurva fungsi padat peluang distribusi *Weibull* menunjukkan bahwa bentuk kurva data kecepatan provinsi yang sesuai dengan kurva distribusi *Weibull* hanya kurva Provinsi Jawa Timur karena nilai $1 < k < 2$, yaitu $k = 1,74$.

Penelitian ini hanya menganalisis angin di Pulau Jawa dan hanya menggunakan satu metode dalam menentukan parameter distribusi *Weibull*. Maka dari itu, Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan metode lain dalam menentukan nilai parameter k dan c pada distribusi *Weibull* dan mengembangkan penelitian untuk menganalisis potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Pulau Jawa.

REFERENSI

- AlQdah, K. S, *et al* 2021, 'Potential of wind energy in Medina, Saudi Arabia based on Weibull distribution parameters', *Wind Engineering*, 45(6), pp. 1652–1661. doi: 10.1177/0309524X211027356.
- Badawi, A. S. A, *et al* 2019, 'Weibull Probability Distribution of Wind Speed for Gaza Strip for 10 Years', *Applied Mechanics and Materials*, 892, pp. 284–291. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.892.284.
- Fachri, M. R, and Hendrayana, H 2017, 'Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh', *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), pp. 1–8. doi: 10.22373/crc.v1i1.1377.
- Kaplan, Y. A 2020, 'Determination of Weibull parameters using the standard deviation method and performance comparison at different locations', *Scientia Iranica*, 27(6 D), pp. 3075–3083. doi: 10.24200/SCI.2019.50323.1632.
- Mahmood, F. H, Resen, A. K, and Khamees, A. B 2020, 'Wind characteristic analysis based on Weibull distribution of Al-Salman site, Iraq', *Energy Reports*, 6(September), pp. 79–87. doi: 10.1016/j.egyr.2019.10.021.
- Olomiyesan, B 2018, 'Performance evaluation of Weibull function for wind data analysis in two selected locations in North-Western, Nigeria', *International Journal of Physical Research*, 6(1), p. 18. doi: 10.14419/ijpr.v6i1.9053.
- Riskah 2021, 'Pengaruh probability kecepatan angin terhadap feasibility proyek energi angin berbasis visual basic'. Available at: <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/11822/>.

- Rodrigo, E and Larico, A 2021, 'Wind Energy Potential by the Weibull Distribution at High-Altitude Peruvian Highlands', 5(3).
- Sumair, M, *et al* 2021, 'Efficiency comparison of historical and newly developed Weibull parameters estimation methods', *Energy Exploration and Exploitation*, 39(6), pp. 2257–2278. doi: 10.1177/0144598720959758.
- Wildani, A and Kurniasari, S 2019, 'Distribusi Weibull Kecepatan Angin Wilayah Kecamatan Pangarengan Kabupaten Sampang Madura', *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(1), p. 57. doi: 10.33366/rekabuana.v4i1.1135.
- Mudassir, R 2021, 'Gawat, Oversupply Pembangkit Listrik Jawa-Bali Bisa Capai 61 Persen'. Available at <https://ekonomi.bisnis.com/read/20211125/44/1470530/gawat-oversupply-pembangkit-listrik-jawa-bali-bisa-capai-61-persen>