

Distribusi Weibull Vs Distribusi Rayleigh Pada Pemodelan Kecepatan Angin

Rado Yendra¹, M. Marizal², Wahyu Intas Sawitri³, Ari Pani Desvina⁴, Rahmadeni⁵

^{1,2,3,4,5}Prodi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Alamat, Jl. Subrantas Km.15, Pekanbaru, 28293

e-mail: rado.yendra@uin-suska.ac.id, muhammadmarizal@gmail.com

Abstrak

Angin merupakan sumber energy yang tak-terhingga. Menjawab tantangan krisis energy dampak lingkungan yang diakibatkan oleh angin saat ini, maka perlu adanya upaya memodelkan kecepatan angin dalam mengeksplor potensi tersebut. Makalah ini membahas tentang dua distribusi yaitu Weibull dan Rayleigh dalam menentukan model distribusi yang sesuai untuk data kecepatan angin di Pekanbaru. Estimasi parameter yang digunakan adalah metode maksimum likelihood dan menggunakan uji kebaikan (Goodness of Fit) AIC (Akaike's Information Criterion). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, model distribusi Weibull lebih sesuai digunakan untuk data kecepatan angin di Pekanbaru, karena nilai AIC yang diperoleh lebih kecil dibandingkan nilai AIC dari distribusi Rayleigh.

Kata kunci: Kecepatan Angin, Distribusi Rayleigh, Distribusi Weibull, Maksimum Likelihood

1. Pendahuluan

Sumber energi yang tersedia di alam ini pada dasarnya terdiri atas sumber tak terbarukan (*non renewable source*) dan sumber terbarukan (*renewable source*). Energi tak terbarukan terdiri atas energi fosil, bahan bakar nuklir dalam bentuk uranium -235, dan *coal bed methane* (CBM), yaitu gas metana yang berada dilapisan batubara jauh dalam tanah. Mineral penghasil tenaga seperti minyak bumi, batubara dan gas alam disebut bahan bakar fosil karena bahan itu dibentuk selama berjuta-juta tahun dari sisa-sisa hewan dan tumbuhan. Sedangkan energi terbarukan terdiri atas air, panas bumi, biomassa, energi matahari dan angin.

Energi adalah salah satu hal yang sangat mempengaruhi dalam segala sendi kehidupan, jumlah energi yang dikonsumsi suatu negara pun bisa mencerminkan tingkat kesejahteraan negara tersebut. Saat ini kebutuhan akan energi terus meningkat diakibatkan populasi global yang terus meningkat dari hari ke hari. Secara statistik, selama 10 tahun terakhir, terjadi peningkatan kebutuhan energi di negara industri sebanyak 1,5 persen per tahun, sementara pada negara berkembang sebesar 3,2 persen per tahun [1].

Banyak negara di dunia mengambil langkah menuju bentuk energi terbarukan untuk mengatasi tantangan ini. Kecepatan angin merupakan salah satu energi terbarukan yang sangat penting untuk diketahui oleh masyarakat sebelum melakukan aktivitas seperti pada sistem penerbangan, sebelum melakukan aktivitas penerbangan tentunya memerlukan pemantauan kondisi cuaca dan arah angin demi keamanan dan keselamatan. Selain dari aktivitas penerbangan, kecepatan angin juga berpengaruh pada bidang telekomunikasi. Kecepatan angin yang merupakan akibat dari proses yang terjadi di atmosfer atau lapisan udara bisa mempengaruhi lapisan ionosfer yang mengandung partikel-partikel ionisasi dan bermuatan listrik dimana dengan adanya lapisan ionosfer ini kita bisa mendengarkan siaran radio/menonton televisi.

Kecepatan angin juga berpengaruh terhadap bidang pariwisata, karena cuaca dan iklim yang bersahabat serta kecepatan angin yang sedang maka pelaksanaan wisata akan semakin dinikmati. Serta dalam bidang pertanian, kecepatan angin yang tidak kencang, serangga penyerbuk bisa lebih aktif membantu terjadinya persarian bunga. Sedangkan pada keadaan kecepatan angin kencang, kehadiran serangga penyerbuk menjadi berkurang sehingga akan berpengaruh terhadap keberhasilan penangkaran benih. Begitu pentingnya mengetahui kecepatan angin.

Potensi energi angin di wilayah berbeda beda. Tidak semua daerah memiliki energi angin yang cukup potensial. Dalam pemanfaatan energi angin diperlukan data atau informasi mengenai potensi energi angin yang tersedia sesuai kebutuhan di lokasi tersebut. Penggunaan fungsi kerapatan probabilitas untuk pemodelan kecepatan angin telah banyak dilakukan melalui beberapa studi di banyak negara. Diantara fungsi kerapatan tersebut adalah Weibull, Rayleigh, Gamma, Lognormal, Eksponensial, dan Gaussian. Fungsi Weibull digunakan secara luas dalam

studi energi angin. Selain itu juga karena cakupannya yang luas dalam keserbagunaan, fleksibilitas dan kemanfaatannya untuk menggambarkan variasi kecepatan angin [2]. Selain fungsi Weibull, fungsi Rayleigh juga sering diaplikasikan dalam studi tentang kejadian angin. Jika di suatu wilayah kurang cocok memakai distribusi Weibull maka distribusi Rayleigh menjadi pilihan berikutnya [3].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, antara lain oleh Gustri (2013) meneliti kecepatan angin menggunakan distribusi Gamma dan Weibull yang mana distribusi Weibull lebih sesuai untuk data angin dibandingkan dengan distribusi Gamma. Syarifah, dkk (2013) meneliti kecepatan angin rata-rata di Sumenep menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yang diperoleh kesimpulan bahwa peramalan menggunakan ANFIS menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dari pada ARIMA [4]. Muhammad, dkk (2015) meneliti statistik analisis potensi kecepatan angin *roof top* gedung sala view hotel menggunakan metode Weibull dan metode Rayleigh [5]. Para peneliti ini membandingkan distribusi Weibull dan Rayleigh pada data kecepatan angin *roof top* gedung sala view hotel, yang mana distribusi Weibull sangat bagus digunakan dibandingkan dengan distribusi Rayleigh.

2. Landasan Teori

2.1. Distribusi Weibull dan Rayleigh

Distribusi Weibull diambil dari nama seorang fisikawan yang berasal dari Swedia bernama Waloddi Weibull pada Tahun 1939. Distribusi Weibull merupakan distribusi yang sering digunakan karena menggambarkan keseluruhan data secara jelas terutama dalam pengujian dan memodelkan data, sehingga distribusi Weibull sering diaplikasikan untuk pemodelan antara lain pemodelan dibidang teknologi, kecepatan angin, unsur-unsur kimia dan juga dibidangnya hidrologi [6]. Senemntara itu, Distribusi Rayleigh sering digunakan dalam bidang fisika yang berhubungan dengan pemodelan proses seperti radiasi suara dan cahaya tinggi gelombang dan kecepatan angin. Selain distribusi Weibull, distrusi Rayleigh juga merupakan distribusi yang dianggap sesuai untuk menggambarkan distribusi kecepatan angin. Distribusi ini dipakai jika disuatu wilayah distribusi Weibull dinilai kurang akurat diterapkan. Fungsi Kepadatan peluang untuk distribusi Weibull dan Rayleigh dapat dilihat pada table 1 [7], [8].

2.2. Estimasi Parameter

Dalam menentukan model distribusi yang sesuai untuk suatu data, terlebih dahulu ditentukan parameter dari distribusi tersebut. Metode yang digunakan salah satunya adalah metode maksimum *likelihood*. Metode maksimum *likelihood* sering digunakan dalam penelitian karena prosedur atau langkah-langkahnya sangat jelas dan sesuai dalam menentukan parameter dari sebuah distribusi [9].

2.2.1. Fungsi Likelihood

Fungsi kepadatan peluang (FKP) bersama dari variabel acak x_1, x_2, \dots, x_n yaitu $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ yang dievaluasi pada titik x_1, x_2, \dots, x_n yang disebut fungsi *likelihood* yang dinotasikan dengan $L(\theta; X)$ maka:

$$L(\theta; X) = f(X; \theta) \quad (1)$$

Karena $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ adalah FKP dari variabel acak yang saling bebas, sehingga:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = f(x_1; \theta), f(x_2; \theta), \dots, f(x_n; \theta) \quad (2)$$

Selanjutnya Persamaan (1) disubstitusikan ke Persamaan (2) maka diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L(\theta; X) &= f(x_1; \theta)f(x_2; \theta) \dots f(x_n; \theta) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \end{aligned} \quad (3)$$

2.2.2. Estimasi Maksimum Likelihood

Estimasi Maksimum *Likelihood* (EML) adalah suatu metode yang memaksimumkan fungsi *likelihood*. Prinsip estimasi maksimum *likelihood* adalah memilih θ sebagai estimator titik untuk θ yang memaksimumkan $L(\theta; X)$ Metode EML dapat digunakan jika fungsi kepadatan peluang (FKP) atau distribusi dari variabel acak diketahui.

Misalkan x_1, x_2, \dots, x_n adalah sampel acak dari suatu distribusi dengan FKP $f(x; \theta)$, kemudian dibentuk FKP bersama x_1, x_2, \dots, x_n setelah itu ditentukan fungsi *likelihood* dari θ yaitu $L(\theta; X)$.

Metode estimasi maksimum *likelihood* membuat fungsi *likelihood* $L(\theta; X)$ menjadi maksimum dan digunakan fungsi logaritma. Sehingga fungsi logaritma *likelihood* dinotasikan dengan $\ln L(\theta; X) = l(\theta; X)$, dimana $l(\hat{\theta}; X) \geq l(\theta; X)$. Dengan menggunakan logaritma $L(\theta; X)$, maka estimator *likelihood* diperoleh dari turunan fungsi *likelihood* terhadap parameternya, yaitu

$$\frac{d l(\theta; x)}{d \theta} = 0 \quad [10].$$

Tabel 1. Fungsi Kepadatan Peluang dan Likelihood Distribusi Weibull dan Rayleigh

	Distribusi Weibull	Distribusi Rayleigh
Fungsi Kepadatan Peluang	$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$	$f(v) = \left(\frac{2v}{c^2}\right) e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$
Fungsi Likelihood	$L = \left(\frac{k}{c}\right)^n \prod_{i=1}^n \left(\frac{v_i}{c}\right)^{k-1} e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{v_i}{c}\right)^k}$	$L = \left(\frac{2}{c}\right)^n \prod_{i=1}^n \frac{v_i}{c} e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{v_i}{c}\right)^2}$

2.3. Uji Keباikan (Goodness of Fit)

Uji kebaikan dilakukan untuk memperoleh model distribusi yang sesuai berdasarkan data yang ada. Pada penelitian ini akan digunakan uji kebaikan, yaitu uji *Akaike's Information Criterion* (AIC), dengan terlebih dahulu menentukan log *likelihood*, sehingga nilai AIC dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yaitu:

$$AIC = -2l + 2p \quad (4)$$

dengan p = Jumlah parameter

3. Pembahasan Dan Hasil

Metode maksimum *likelihood* adalah salah satu metode yang digunakan dalam menentukan parameter dari sebuah distribusi. Kami akan menggunakan metode tersebut untuk menentukan parameter dari distribusi Weibull dan Rayleigh. Metode ini akan lebih mudah untuk diselesaikan dalam mencari parameter dengan angka bernumerik, terutama dengan menggunakan metode Newton Raphson. Perhitungan ini menggunakan program R dengan ratusan kali pengulangan. Hasil perhitungan berikut model dapat dilihat pada Tabel 2.

Uji kebaikan dilakukan untuk memperoleh model distribusi yang sesuai berdasarkan data kecepatan angin tahun 2007-2017 di Pekanbaru. Pada data ini akan digunakan uji kebaikan, yaitu uji *Akaike's Information Criterion* (AIC). Dengan menggunakan Persamaan (4), yaitu:

$$AIC = -2l + 2p$$

Perhitungan uji kebaikan untuk Distribusi Weibull dan Rayleigh dilakukan dengan program R yang hasilnya dapat dilihat pada table 2.

Setelah dilakukan uji kebaikan yaitu uji *Akaike's Information Criterion* (AIC), hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa distribusi Weibull bernilai minimum dibandingkan distribusi Rayleigh. Sehingga distribusi Weibull adalah model distribusi yang sesuai untuk data kecepatan angin di Pekanbaru.

Tabel 2. Model Distribusi dan Nilai Uji Kebaikan AIC

	Distribusi Weibull	Distribusi Rayleigh
Model	$f(v) = \frac{1,65848}{2,208851} \left(\frac{v}{2,208851} \right)^{1,65848-1} e^{-\left(\frac{v}{2,208851} \right)^{1,65848}}$	$f(v) = \left(\frac{2v}{2,331914} \right) e^{-\left(\frac{v}{2,331914} \right)^2}$
AIC	10875,3	11112,74

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Uji Kebaikan AIC, dapat diambil kesimpulan bahwa model distribusi Weibull lebih sesuai untuk data kecepatan angin di Pekanbaru, dibandingkan dengan distribusi Rayleigh. Hal ini ditunjukkan oleh nilai AIC yang diperoleh dari distribusi Weibull lebih kecil dibandingkan distribusi Rayleigh.

Daftar Pustaka

- [1] Mathew, Sathyajith. "Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis, and Economics", *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, Belanda. 2006.
- [2] Olaofe, Z.O, Folly, K.A. "Statistical Analysis of the Wind Resources at Darling for Energy Production". *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 2 No. 2. 2012.
- [3] Widiyanto, Wahyu. "Analisis Probabilitas Kecepatan Angin untuk Pesisir Cilacap dengan menerapkan Distribusi Weibull dan Rayleigh". *Jurnal Teknik Sipil, Sains dan Teknologi*, Vol. 9 No 1. 2013.
- [4] Syarifah, dkk. "Pemodelan Kecepatan Angin Rata-rata di Sumenep Menggunakan Mixture Of Anfis". *Jurnal Statistika*, Vol. 1 No. 2. 2013.
- [5] Muhammad, dkk. "Statistik Analisis Potensi Kecepatan Angin Roof Top Gedung Sala View Hotel Menggunakan Metode Weibull dan metode Rayleigh", Vol. 13 No. 2. 2015.
- [6] Dey S, Dey T, Kundu D. "Two-parameter rayleigh distribution: Different methods of estimation". *Am. J. Math. Manag. Sci.* 33(1): 55-74. 2014.
- [7] Siddiqui MM. "Some problems connected with rayleigh distributions". *Journal of Research of the National Bureau of Standards, Boulder Laboratories, Colo.* 66D, No. 2, March-April 1962: 167-174. 1961.
- [8] Parajuli, Ayush. "A Statistical Analysis of Wind Speed and Power Density based on Weibull and Rayleigh Models of Jumla, Nepal". *Energy and Power Engineering, Nepal*. 2016.
- [9] Krishnamoorthy, K. "Handbook of Statistical Distributions with Applications", Statistical Pape, Springer, Vol. 51 (4): 1005-1006, 2006
- [10] Wang, John Wenyu dan Elisa T. Lee. "Statistical Methods for Survival Data Analysis edisi 3". John Wiley and Sons, Inc. 2001.