

## STATISTIK ANALISIS POTENSI KECEPATAN ANGIN *ROOF TOP* GEDUNG SALA VIEW HOTEL MENGGUNAKAN METODE WEIBULL DAN METODE RAYLEIGH

Muhamad<sup>1</sup>, Rifqi MA<sup>1</sup>, D Danardono Dwi PT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

### **Keywords :**

*Energy*  
*Weibull distribution*  
*Rayleigh distribution*  
*Power density*  
*Mean square error*

### **Abstract :**

*In this study, we are discussing about wind energy potential analysis on roof top of SALA VIEW Hotel in Surakarta. The wind energy potential is analyzed based on 2 years measurement. The Analysis is done by using 2 methods, Weibull distribution and Rayleigh distribution. The result shows that Weibull distribution gives result more accurate than Rayleigh distribution. It is known from Mean square error value from Weibull distribution is 6,4 % in 2013 and 9,3% in 2014, and from Rayleigh distribution we get 9% in 2013 and 18% in 2014*

## 1. PENDAHULUAN

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 ke 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 (Satyajij Methew, 2006).

Selain itu, saat ini pertumbuhan industri yang semakin pesat di kota-kota besar seluruh dunia dalam beberapa tahun terakhir, termasuk di Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, dll, juga telah menyebabkan peningkatan kebutuhan energi. Dalam beberapa tahun terakhir telah dilaporkan bahwa sekitar 75% dari daya yang dihasilkan, dikonsumsi di kota-kota. Hal ini diperparah dengan peningkatan masalah lingkungan, menipisnya bahan bakar fosil dan harga minyak yang tidak stabil (T.F. Ishugah dkk, 2014).

Melihat hal tersebut saat ini pemerintah Indonesia sendiri juga mulai untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil mencapai 26% dengan mengoptimalkan penggunaan batu bara, gas bumi (Dany P. dan Wida Banar K., 2014)

Karena itu selain memulai memanfaatkan energi alternatif juga diperlukan penggunaan energi secara efisien di wilayah perkotaan. Dan salah satu cara adalah pemanfaatan energi alternatif untuk gedung-gedung di wilayah perkotaan sehingga bisa mengurangi kebutuhan energi yang seharusnya. Semisal pemanfaatan energi angin maupun energi surya dengan memasang *small turbine* maupun panel sel surya di *roof top* gedung tersebut.

Saat ini pun pemanfaatan energi angin semakin meluas yakni penggunaannya di wilayah perkotaan, baik dengan pemasangan *small wind turbine* di *roof top* gedung dan rumah atau turbin angin yang sudah terintegrasi dengan desain gedung itu sendiri atau biasa disebut *Building Integrated Wind Turbine*. Bahkan *Building Integrated Wind Turbine* sekarang pun sudah menjadi ikon baru desain gedung yang ramah lingkungan. Teknologi ini sangat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil di sebuah gedung (Sinisa Stankovic dkk, 2009)

Melalui paper ini, penulis mencoba menganalisa secara statistik potensi energi angin di *roof top* salah satu gedung di kota Surakarta, yakni SALA VIEW Hotel.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pengambilan Sumber Data

Untuk mengestimasi potensi energi angin, dimulai dari pengambilan data Badan Meteorologi Bandara Adi Soemarmo di mana lokasi nya tidak begitu jauh dengan SALA VIEW Hotel (Satyajij Methew, 2006). Data yang diambil adalah rata-rata kecepatan angin per hari dalam satu bulan selama dua tahun yakni tahun 2013 sampai 2014.

### 2.2 Koreksi data dan penyesuaian

Data kecepatan angin dari bandara Adi Soemarmo diukur pada ketinggian 10 m, sedangkan ketinggian hotel tempat penelitian adalah 45 m. Karena itu untuk mengetahui kecepatan angin pada ketinggian yang berbeda menggunakan hukum daya kecepatan angin, untuk lebih detail bisa merujuk pada referensi (Adrian ilinca dkk, 2003)(Clem P.G dkk, 2001).

$$V_2 = V_1 [z_1/z_2] \quad (1)$$

Di mana  $V_2$  adalah kecepatan angin yang diukur pada ketinggian  $z_2$ ;  $V_1$  adalah kecepatan angin yang diukur pada ketinggian  $z_1$  dan  $n$  adalah eksponen hukum daya kecepatan angin.

**2.3 Model statistik untuk analisis data kecepatan angin**

Untuk menganalisis kecepatan angin, dalam paper ini menggunakan fungsi distribusi Weibull dan Rayleigh. Dalam distribusi Weibull variasi kecepatan angin dikategorikan menjadi 2 fungsi, yakni (1) Fungsi *Probability Density* dan (2) Fungsi *Cumulative Distribution* (Satyajij Methew, 2006).

Fungsi *Probability Density*  $\{f(V)\}$  mengindikasikan probabilitas untuk suatu kecepatan angin ( $V$ ) tertentu. Merujuk pada referensi (Sunday Oyedepo dkk,2012)(Wahyu Widiyanto, 2013), dirumuskan dengan

$$f(V) = [k/c] \times [(V/c)^{(k-1)}] e^{-(V/c)^k} \tag{2}$$

Di mana  $k$  adalah Weibull *shape factor* dan  $c$  adalah *scale factor*.

Untuk fungsi distribusi kumulative merepresentasikan probabilitas kecepatan angin sama atau lebih rendah dari pada  $V$ . Fungsi distribusi kumulative  $F(V)$  merupakan integral dari fungsi *probability density*, merujuk pada referensi (Temitope Ayodele dkk, 2012)(D.A Fadare, 2008), maka

$$F(V) = 1 - e^{-(V/c)^k} \tag{3}$$

Sedang untuk besar parameter weibull  $k$  dan  $c$  dapat dihitung dengan metode standar deviasi (Satyajij Methew,2006)(Clem P.G dkk, 2001) yakni

$$k = [ \sigma / V_m ]^{1,09} \tag{4}$$

$$c = [ V_m k^{2,6674} ] / [ 0,184 + 0,816 k^{2,73855} ] \tag{5}$$

di mana  $\sigma$  adalah standar deviasi data dan  $V_m$  adalah kecepatan rata rata angin.

Untuk distribusi Rayleigh merupakan penyederhanaan dari metode Weibull. Penyederhanaan ini dilakukan dengan mengasumsikan nilai parameter  $k$  sama dengan 2 (D.A Fadare, 2008). Penggunaan metode Rayleigh ini biasa digunakan bila data yang didapat sangat sedikit, semisal merupakan rata rata kecepatan angin satu bulan selama satu tahun, dll. Sama seperti pada metode Weibull, metode Rayleigh dibagi menjadi 2 yakni yakni (1) Fungsi *Probability Density* dan (2) Fungsi *Cumulative Distribution*. Dengan asumsi  $k$  sama dengan 2 maka fungsi *Probability Density* (Ali Naci Celik, 2003)(M. Rongu Ahmmad, 2014) menjadi

$$f(V) = (1/2) \{ V / (V_m)^2 \} e^{-(1/4) (V / (V_m)^2)} \tag{6}$$

sedangkan untuk distribusi kumulative metode Rayleigh adalah

$$F(V) = 1 - [ e^{- (1/4) (V / (V_m)^2)} ] \tag{7}$$

Besar *Power Density* bila diketahui kecepatan rata rata angin ( $V_m$ ) (D.A Fadare, 2008)

$$P_m = 0,5 (V_m)^3 \tag{8}$$

Sedang besar *Power Density* untuk metode Weibull atau Rayleigh didapatkan dari (Satyajij Methew, 2006)(Wahyu Widiyanto, 2013)

$$P_w = 0,5 c^3 [ 1 + (3/k) ] \tag{9}$$

Dengan mengganti nilai  $k = 2$  untuk distribusi Rayleigh.

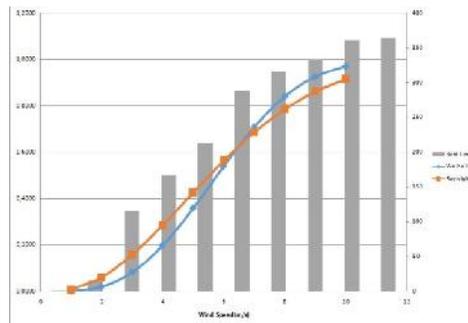
Untuk mengetahui besar error hasil estimasi metode Weibull atau Rayleigh menggunakan persamaan (Temitope R. Ayodele dkk, 2012)(D.A Fadare, 2008)

$$\text{Error (\%)} = [ P_{w,r} - P_m ] / P_m \tag{10}$$

Di mana  $P_{w,r}$  adalah besar *Power Density* untuk Weibull atau Rayleigh dan  $P_m$  adalah *Power Density* rata rata.

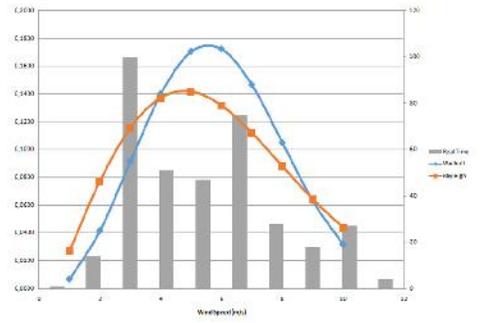
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Grafik hasil analisa data kecepatan angin pada tahun 2013 menggunakan Metode Weibull dan Metode Rayleigh ditunjukkan pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



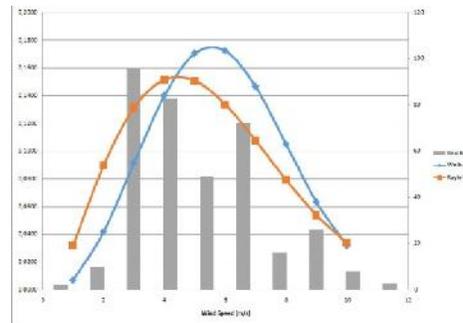
Gambar 3.1. *Probability density* tahun 2013

Dapat dilihat dari gambar 3.1, perbandingan antara distribusi Weibull, Rayleigh dengan data Real Time. Menggunakan distribusi Weibull (garis biru) prediksi kecepatan angin yang paling sering muncul adalah 5,1 m/s, kemudian bila kita menggunakan distribusi Rayleigh (garis merah) maka kecepatan angin yang paling sering muncul adalah 4,42 m/s.

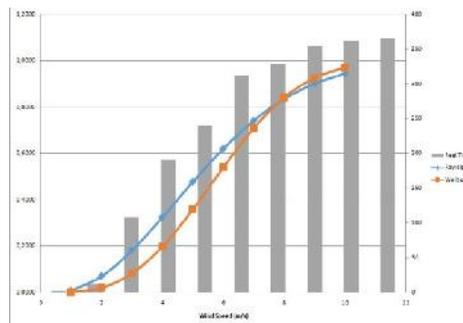


Gambar 3.2. *Cumulative distribution* tahun 2013

Untuk gambar 3.2 merupakan grafik *Cumulative Distribution*. Menggunakan metode Weibull untuk kecepatan angin yang lebih atau sama dengan kecepatan angin untuk *cut in* 2,2 m/s memiliki frekuensi sekitar 94 % dan bila menggunakan metode Rayleigh didapatkan frekuensi sekitar 87,5 %



Gambar 3.3. *Probability density* tahun 2014



Gambar 3.4. *Cumulative distribution* tahun 2014

Sedang pada tahun 2014, bisa dilihat pada gambar 3.3 besar kecepatan angin yang sering muncul bila menggunakan metode Weibull sebesar 5,1 m/s sama seperti pada tahun 2013 dan bila menggunakan metode Rayleigh sebesar 3,68 m/s.

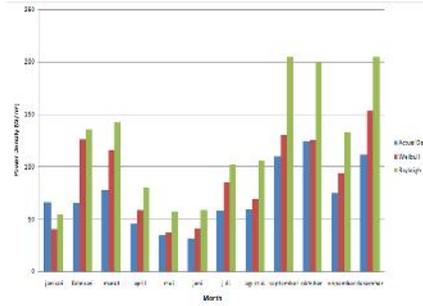
Untuk gambar 3.4, bila menggunakan metode Weibull untuk kecepatan angin yang lebih atau sama dengan kecepatan angin untuk *cut in* 2,2 m/s memiliki frekuensi sekitar 93 % dan bila menggunakan metode Rayleigh didapat frekuensi sekitar 85,5 %.

Melihat uraian analisa data kecepatan angin selama 2 tahun di lokasi SALA VIEW Hotel, bisa disimpulkan sementara potensi penggunaan energi angin di *roof top* gedung cukup berpotensi.

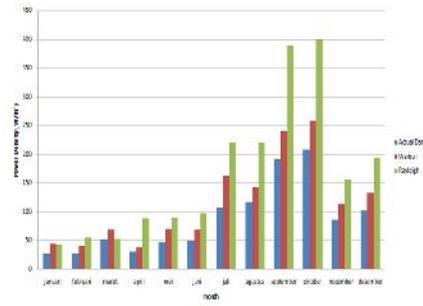
### 3.1 Analisa distribusi *Power Density*

Sementara untuk besar *Power Density* pada tahun 2013 dan 2014 ditunjukkan pada gambar 3.5 dan gambar 3.6. Pada tahun 2013, nilai *Power Density* minimum sebesar 37,94 W/m<sup>2</sup> dan terjadi pada bulan April dan nilai *Power Density* maksimum sebesar 258,27 W/m<sup>2</sup> dan terjadi pada bulan Oktober. Untuk tahun 2014,

nilai *Power Density* minimum sebesar 37,59 W/m<sup>2</sup> dan terjadi pada bulan Mei dan nilai *Power Density* maksimum sebesar 153,72 W/m<sup>2</sup> dan terjadi pada bulan Desember. Dan rata rata *Power Density* lokasi selama 2 tahun adalah 102,45 W/m<sup>2</sup>.

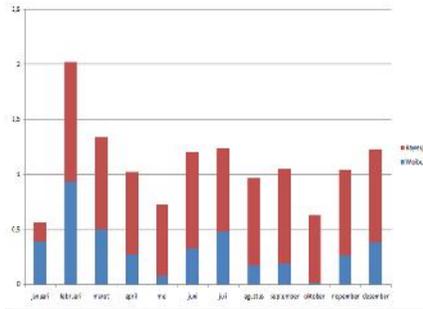


Gambar 3.5. *Power Density* pada tahun 2013

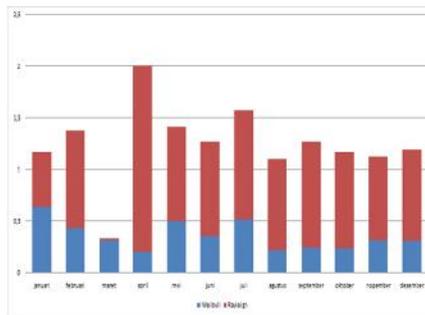


Gambar 3.6. *Power Density* pada tahun 2014

Untuk besar *Mean Square Error* (MSE) dalam memprediksi nilai *Power Density*, Metode Weibull menghasilkan nilai MSE yang rendah daripada menggunakan Metode Rayleigh. Bisa dilihat pada gambar 3.7 dan gambar 3.8, nilai maksimum MSE metode Weibull sebesar 6,4 % pada tahun 2013 dan 9,3 % pada tahun 2014, sedang untuk nilai maksimum MSE metode Rayleigh sebesar 9 % pada tahun 2013 dan 18 % pada tahun 2014.



Gambar 3.7. Perbandingan nilai MSE Weibull dengan Rayleigh pada tahun 2013



Gambar 3.8. Perbandingan nilai MSE Weibull dengan Rayleigh pada tahun 2014

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisa di atas menunjukkan lokasi memiliki potensi energi yang cukup baik, hal ini ditunjukkan dengan rata rata nilai *power density* lokasi sebesar 102,45 W/m<sup>2</sup>. Sehingga lokasi bisa dimanfaatkan seperti pemasangan *small scale wind turbine* untuk mengisi baterai dll
2. Penggunaan metode Weibull sangat pas untuk memprediksi kecepatan angin selama dua tahun dari pada bila menggunakan metode Rayleigh
3. Metode Weibull menghasilkan estimasi *power density* yang cukup akurat, hal ini terlihat dari nilai MSE yang lebih rendah daripada metode Rayleigh.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed,S.O.,H.O.Mahammed, 2012, *A Statistical Analysis of Wind Power Density Based on the Weibull and Rayleigh Models of "Penjwen Region" Sulaimani/Iraq*, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* Vol 6 No 2
- Ahmmad, M. Rounqu, 2014, *Statistical Analysis of The Wind Resources at the Importance for Energy Production in Bangladesh*, *International Journal of u- and e- Service, Science and Tecchnology* Vol 7 127-136
- Ayodele, Temitope R, Adisa A Jimoh, Josiah L Munda, John T Agee, 2012, *Statistical Analysis of Wind Speed and Wind Power Potential of Port Elizabeth Using Weibull Parameters*, *Journal of Energy in Southern Africa* Vol 23 No 2
- Celik, Ali Naci, 2003, *A Statistical Analysis of Wind Power Density based on The Weibull and Rayleigh Models at The Southern Region of Turkey*, *Renewable Energy* 29 593-604
- Fadare, D.A Ph.D. , 2008, *Statistical Analysis of Wind Energy Potential in Ibadan, Nigeria, Based on Weibull Distribution Function*, *The Pasific Journal of Science and Technology* Vol 9 No 1
- Ilinca, Adrian, Ed McCarthy, Jean-Louis Chaumel, and Jean-Louis Retiveau, 2003, *Wind Potential Assessment of Quebec Province* , *Renewable Energy*, Vol 28 1881-1897
- Ishugah, T.F., Y. Li, R.Z. Wang, and J.K. Kiplagat, 2014, *Advances in Wind Energy Resource Exploitation in Urban Environment : Review*, *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol 38 890 – 902.
- Mathew, Sathyajith, 2006, *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis, and Economics*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Belanda
- Oyedepo, Sunday O, Muyiwa S Adaramola, and Samuel S Paul, 2012, *Analysis of Wind Speed Data and Wind Energy Potential in Three Selected Locations in South-East Nigeria*, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, Vol 3.
- P.G. Clem, M. Rodriguez, J.A. Voigt and C.S. Ashley, . 2001, U.S. Patent 6,231,666.
- Perwita Sari, Dany and Wida Banar Kusumaningrum, 2014, *A Technical Review Building Intregated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java, Indonesia*, *Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy & Energy Conservation [Indonesia EBTKE CONEX 2013]*, Vol. 47 29 – 36
- Stankovic, Sinisa, Dr Neil Campbell, Dr. Alan Harries, 2009, *Urban Energy*, Earthscan, Inggris.
- Widiyanto, Wahyu , 2013, *Distribusi Weibull Kecepatan Angin Wilayah Pesisir Tegal dan Cilacap*, *Konferensi Nasional Teknik Sipil* 7 115- 121