

## ANALISA PERBANDINGAN MULTI KINCIR ANGIN TIPE HORIZONTAL SKALA MENENGAH (STUDI KASUS PULAU KARIMUNJAWA JEPARA)

Safrizal<sup>1</sup>, Zaenal Arifin<sup>2</sup>, Doni<sup>3</sup>, Ashadi<sup>4</sup>, Moh. Zainul Arifin<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara.

e-mail: safrizal27@gmail.com

### ABSTRACT

*Karimunjawa of Island, at located in the north of the Java Sea, has sea wind speed which can be used to spin wind turbine generator to produce alternative electrical energy. The study and analysis of wind potential begins by processing and processing potential wind speed data obtained from Indonesia Wind Prosecting with Latitude -5,782 and Longtitude 110,469 at locations on the island of Karimunjawa with a potential minimum wind speed of 0 m / s, maximum wind speed of 12 m / s and the average wind speed is 5.7 m / s. Parameters that affect the value of the capacity factor include the power output generated by the wind turbine according to specifications and at an altitude of 50 meters. The wind turbines used in this study are medium-scale wind turbines with six wind turbine models, namely Nordtank NTK 150kW, Nordex N27 / 150kW, Nordex N27 / 250kW, b.ventus 250kW, Enercon E30-300kW and Enercon E33 / 300kW. Based on the analysis carried out on the island of Karimunjawa by comparing the wind turbine models above, the results show that the b.ventuz wind turbine model with a power capacity of 250 kW is right for use at that location with an average total energy output of 798,782 KWh and a capacity value. Factor in an average of 37% of the data taken over the 12 years from 2004 - 2015.*

**Key Word:** *Karimunjawa of island, wind speed potensial, Wind turbine generator, Capacity Factor.*

### ABSTRAK

Pulau karimunjawa yang terletak sebelah utara laut jawa memiliki kecepatan angin laut yang dapat dimanfaatkan untuk memutar kincir angin untuk menghasil energy listrik alternatif. Studi dan analisa potensi angin diawali dengan pengumpulan dan pengolahan data potensi kecepatan angin diperoleh dari *Indonesia Wind Prosecting* dengan *Latitude* -5.782 dan *Longtitude* 110.469 pada lokasi di pulau Karimunjawa dengan minimum potensi kecepatan angin 0 m/s, maximum potensi kecepatan angin 12 m/s dan rata-rata kecepatan angin 5,7 m/s. Parameter yang mempengaruhi nilai *Capacity Factor* antara lain power output yang dihasilkan Turbin Angin sesuai spesifikasi dan pada ketinggian 50 meter. Adapun Turbin Angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah Turbin Angin skala menengah dengan enam model Turbin angin yaitu *Nordtank NTK 150kW*, *Nordex N27/150kW*, *Nordex N27/250kW*, *b.ventus 250kW*, *Enercon E30- 300kW* dan *Enercon E33/ 300kW*. Berdasarkan analisis yang dilakukan di pulau Karimunjawa dengan membandingkan model turbin angin diatas maka didapatkan hasil bahwa model turbin angin *b.ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW yang tepat untuk digunakan pada lokasi tersebut dengan rata-rata energi total yang dihasilkan adalah sebesar 798.782 KWh dan nilai *Capacity Factor* rata-rata 37% dari data yang diambil selama 12 tahun dari tahun 2004 – tahun 2015.

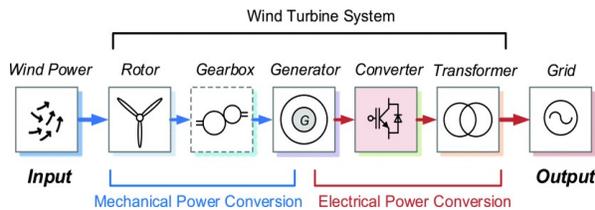
**Kata kunci :** *Pulau Karimunjawa, Potensi Angin, Generator Turbin Angin, Capacity Factor*

**PENDAHULUAN**

Pulau Karimunjawa merupakan kepulauan kecil dengan *Latitude* -5.782 dan *Longitude* 110.469, memiliki potensi kecepatan angin laut, maximum 12 m/s dan rata-rata kecepatan angin 5,7 m/s, sangat potensial dimanfaatkan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Angin pada skala menengah di kawasan tersebut. Penulis meneliti analisa perbandingan model Turbin Angin tipe horizontal jenis Nordtank, NTK 150kW, Nordex N27/150kW, Nordex N27/250kW, Ventuz 250kW, Enercon E30/300kW, Enercon E33/300kW pada kapasitas daya 150kW - 300kW, data Turbin Angin diperoleh dari Web <https://en.wind-turbine-models.com/>. Data kecepatan angin pada ketinggian 50 m, diperoleh dari <http://indonesia.windprospecting.com/>, analisis statistik potensi angin dari tahun 2004 – 2015.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Proses pemanfaatan energi angin terdapat dua tahapan konversi energi seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. 1 Diagram Konversi Energi Angin

Gambar 2.1 kecepatan angin menggerakkan rotor berputar kemudian dari putaran rotor dihubungkan dengan generator, dan generator akan menghasilkan daya listrik, angin mempunyai kecepatan dinamik yang dirumuskan sebagai berikut:

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

- q = Tekanan dinamik angin
- $\rho$  = Kecepatan udara (m/s)
- V = Kecepatan angin (m/s)

Gaya angin didapat dari perkalian antara tekanan angin dinamik dan luas sapuan sebagai berikut:

$$F = q A \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- F = Gaya angin
- A = Luas daerah sapuan angin (m<sup>2</sup>)

Dalam hal ini luas sapuan adalah luas rotor, yaitu :

$$A = \frac{1}{2} \pi r^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- r = Jari-jari rotor (m)

Secara definisi perkalian antara gaya angin dan kecepatan angin akan menghasilkan daya angin, yaitu :

$$P_{angin} = F \cdot V \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- $P_{angin}$  = Daya angin (Watt)
- F = Gaya Angin
- V = Kecepatan Angin (m/s)

**METODE PENELITIAN**

Metode statistik yang digunakan untuk mengetahui karakteristik angin yaitu dengan menggunakan metode *Weibull*. Metode distribusi *Weibull* terdapat 2 parameter yang digunakan yaitu parameter *k* (tanpa dimensi) dan parameter skala *c* (m/s). Nilai parameter *k* diperoleh dengan nilai yang berdasarkan data-data kecepatan angin yang aktual di lapangan sehingga cukup *representative* untuk mengetahui distribusi dari sejumlah data kecepatan angin yang bervariasi. Untuk mengetahui nilai parameter *k*, jika nilai tengah dan variannya telah diketahui dapat menggunakan persamaan. (Dr. Gary L. Johnson dalam Wiranti, dkk, 2013).

Adapun untuk mencari frekuensi potensi kecepatan angin bisa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_p = \left( \frac{n_{ws}}{n_h} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

- $W_p$  = Weibull Probability (%)
- $n_{ws}$  = Jml kec. angin dalam periode jam (jam)
- $n_h$  = Jam dalam periode waktu (jam)

Perhitungan jumlah energi listrik yang diproduksi turbin angin per tahunnya dapat diperoleh dengan rumus :

$$AEP = P_{curve} * n_h \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

- $AEP$  = Annual Energy Production (KWh)
- $P_{curve}$  = Power curve (kW)

Energi kinetik (gerak) merupakan energi yang dimiliki sebuah benda yang bergerak (kincir angin). Persamaan energi kinetik adalah sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2 \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

- $E_k$  = Energi Kinetik (Joule)
- $m$  = Massa (Kg)
- $v$  = Kecepatan (m/s)

Energi kinetik dari angin terbentuk karena angin melewati bidang turbin dengan luas penampang dan ketebalan penampang. berdasarkan luas penampang turbin, terdapat persamaan volume Turbin Angin sebagai berikut:

$$Vol = A * D \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\rho = m / Vol \dots\dots\dots (3.5)$$

$$m = \rho * Vol \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

- $Vol$  = Volume turbin (m<sup>3</sup>)
- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $D$  = Diameter penampang (m)
- $\rho$  = Massa jenis angin (1.225 kg/m<sup>3</sup>)
- $m$  = Massa udara (kg)
- $t$  = Waktu (detik)

Maka didapat persamaan energi sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * A * t \dots\dots\dots (3.7)$$

Faktor kapasitas Turbin Angin (*Capacity Factor*) merupakan ukuran kinerja Turbin Angin, bukan merupakan suatu ukuran untuk menentukan energi listrik yang dihasilkan dalam satu tahun. Nilai *Capacity Factor* biasanya berkisar 20% - 40%, berdasarkan definisi tersebut dalam mendapatkan nilai perkiraan energi listrik dengan persamaan:

$$P_{max\ out} = Total\ jam/thn * Max.\ Power\ output\ TA.. (3.8)$$

Sehingga ;

$$CF = \frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

- $CF$  = *Capacity Factor* (%)
- $P_{Bruto}$  = Energi total turbin angin (KWh)

$$P_{Max\ Out} = Energi\ max.\ Output\ TA\ (KWh)$$

Power atau disebut juga dengan Daya (*Watt*), merupakan besarnya energi yang dihasilkan per satuan waktu, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Power\ (P) = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * A \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

- $P$  = Power daya (*Watt*)
- $\rho$  = Massa jenis angin (1.225 kg/m<sup>3</sup>)
- $v$  = Kecepatan (m/s)
- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $D$  = Diameter penampang (m)

I. HASIL DAN PEMBAHASAN

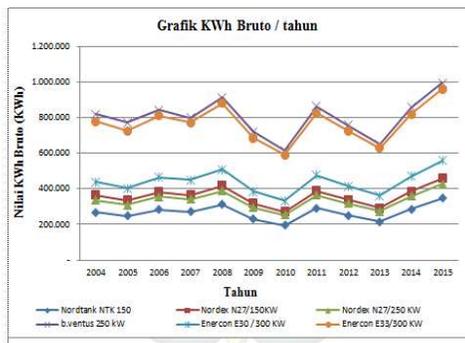
Penentuan Annual Energy Production Turbin Angin dengan persamaan dari 3.2 adalah sebagai berikut :

$$\text{Annual Energy Production} = \text{Power Curve} * \text{nh}$$

Tabel 4.1 Data Energi Total Turbin Angin (KWh)

No	Tahun	Nordtank NTK 150 kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
1	2004	267.113	363.747	336.303	816.915	439.204	778.451
2	2005	247.546	336.614	310.411	771.021	401.596	725.948
3	2006	283.998	380.916	354.954	843.053	464.595	809.905
4	2007	270.749	363.367	340.498	796.607	448.253	772.012
5	2008	312.131	416.374	387.693	912.013	508.454	879.473
6	2009	230.504	316.912	295.450	717.826	385.770	682.892
7	2010	195.429	270.752	252.855	613.390	332.764	588.710
8	2011	290.284	389.423	364.808	860.937	476.310	823.802
9	2012	250.057	339.293	316.614	755.505	415.452	726.158
10	2013	214.175	291.726	274.972	649.924	361.869	629.253
11	2014	286.756	385.897	358.933	855.750	469.201	819.379
12	2015	347.199	457.017	425.873	992.445	558.071	959.926

Dari table 4.1 menunjukkan data beberapa model-model turbin angin selama 12 tahun dari tahun 2004 – tahun 2015.



Gambar 4.2 Grafik Energi Total Turbin Angin

Dari data table 4.1 merupakan energi yang dihasilkan turbin angin selama 12 tahun yaitu pada tahun 2004 sampai tahun 2015 dengan rata-rata Energi total turbin angina atau KWh Bruto tertinggi adalah Turbin Angin *b.Ventuz 250 kW*.

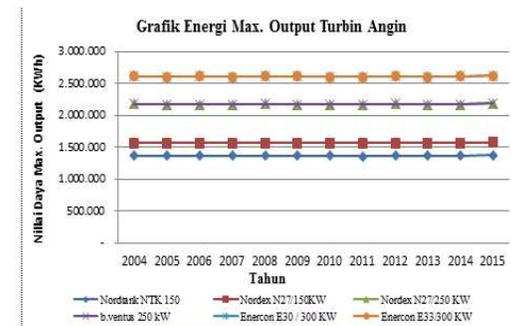
Dari data yang ada pada tabel 4.1 dapat dilakukan pencarian energi output maximal dari setiap turbin angin dengan persamaan dari 3.8 adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{Max Output}} = \text{Total jam/thn} * \text{Max. Power output TA}$$

Tabel 4.2 Data Energi Max.Output Turbin Angin

No	Tahun	Nordtank NTK 150kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
1	2004	1.369.197	1.569.780	2.180.250	2.180.250	2.616.300	2.616.300
2	2005	1.364.801	1.564.740	2.173.250	2.173.250	2.607.900	2.607.900
3	2006	1.365.586	1.565.640	2.174.500	2.174.500	2.609.400	2.609.400
4	2007	1.364.173	1.564.020	2.172.250	2.172.250	2.606.700	2.606.700
5	2008	1.368.098	1.568.520	2.178.500	2.178.500	2.614.200	2.614.200
6	2009	1.365.743	1.565.820	2.174.750	2.174.750	2.609.700	2.609.700
7	2010	1.364.173	1.564.020	2.172.250	2.172.250	2.606.700	2.606.700
8	2011	1.363.388	1.563.120	2.171.000	2.171.000	2.605.200	2.605.200
9	2012	1.369.354	1.569.960	2.180.500	2.180.500	2.616.600	2.616.600
10	2013	1.364.958	1.564.920	2.173.500	2.173.500	2.608.200	2.608.200
11	2014	1.365.900	1.566.000	2.610.000	2.175.000	2.610.000	2.610.000
12	2015	1.375.163	1.576.620	2.145.955	2.189.750	2.627.700	2.627.700

Dari data tabel 4.2 menunjukkan bahwa energi output maximal turbin angin tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan pada setiap tahunnya.



Gambar 4.2 Grafik Energi Max. Output Turbin Angin

Dari Grafik 4.2 meunjukkan bahwa rata-rata turbin angin pada tahun 2015 menghasilkan energi output maximal turbin angin tertinggi dan pada tahun 2011 menghasilkan energi output maximal turbin angin terendah.

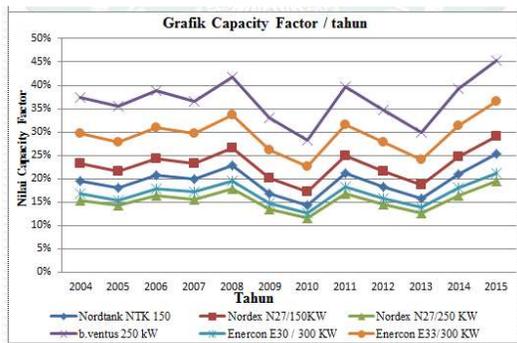
*Capacity Factor* merupakan ukuran kinerja turbin angin. Dari beberapa model-model turbin angin maka akan didapatkan nilai *Capacity Factor* turbin angin yang dipengaruhi kecepatan angin pada ketinggian 50 meter dan kurva turbin dengan persamaan rumus dari 4.12 adalah sebagai berikut :

$$CF = \frac{P_{bruto}}{P_{max out}} * 100$$

Tabel 4.3 Data Nilai *Capacity Factor*

No	Tahun	Nordtank NTK 150kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
1	2004	20%	23%	15%	37%	17%	30%
2	2005	18%	22%	14%	35%	15%	28%
3	2006	21%	24%	16%	39%	18%	31%
4	2007	20%	23%	16%	37%	17%	30%
5	2008	23%	27%	18%	42%	19%	34%
6	2009	17%	20%	14%	33%	15%	26%
7	2010	14%	17%	12%	28%	13%	23%
8	2011	21%	25%	17%	40%	18%	32%
9	2012	18%	22%	15%	35%	16%	28%
10	2013	16%	19%	13%	30%	14%	24%
11	2014	21%	25%	14%	39%	18%	31%
12	2015	25%	29%	20%	45%	21%	37%
Rata	Rata	19%	23%	15%	37%	17%	29%

Dari data tabel 4.3 menunjukkan bahwa beberapa model-model turbin angin selama 12 tahun dari tahun 2004 – tahun 2015 pada setiap tahunnya model turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW menunjukkan hasil dengan *Capacity Factor* tertinggi.



Gambar 4.3 Grafik nilai *Capacity Factor*

**Kesimpulan**

Dari beberapa model turbin angin skala menengah yang penulis teliti dan telah melalui perhitungan dari beberapa rumus, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan analisa dari model-model turbin angin skala menengah dengan kapasitas daya 150 kW – 300 kW yaitu *Nordtank NTK 150 kW*, *Nordex N27/150 kW*, *Nordex N27/250 kW*, *b.ventus 250 kW*, *Enercon E30 / 300 kW* dan *Enercon E33/300 kW* didapatkan model turbin angin yang tepat untuk dipasang pada lokasi pulau Karimunjawa yaitu model turbin angin *b.Ventuz 250 kW*.

- Parameter yang mempengaruhi nilai *Capacity Factor* turbin angin antara lain adalah energi yang dihasilkan turbin angin sesuai spesifikasi model turbin angin serta potensi kecepatan angin rata- rata 5,7 m/s pada ketinggian 50 m dengan hasil rata – rata *Capacity Factor* turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW selama 12 tahun sebesar 37 %.

- Berdasarkan model turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW didapatkan hasil energi turbin angin rata-rata selama 12 tahun sebesar 798.782 KWh dengan energi minimum pada tahun 2010 sebesar 613.390 KWh dan energi maximum pada tahun 2015 sebesar 992.445 KWh.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aryanto Firman, Mara, Nuarsa. 2013. “ Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal ”. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 3 (1). 50 – 59.

Hidayat Dony, Fitroh. 2008. “ Simulasi dan Analisa Beberapa Merk Turbin Angin Kapasitas 600 kW di Lebak Banten Menggunakan *Windpro 2.5 Modul Meteo* “.446-454.

J.F. Manwell, J.G. Mc Gowan, A.L. Rogers. *Wind Energy Explained, Theory, Wind Turbin Design*. s.l : Jhons Willey and Sons, 2002.

Prasetya Maret Enggar, Akli, Nurmantaha. 2015. “ Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat Pada Variasi Sudut Kemiringan 0°, 10°, 15°. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Titano Gilang, Safitra. 2015. “ Unjuk Kerja Turbin Angin Sumbu Horizontal menggunakan Airfoil N-10 “.418 – 421.

Wiranti Janindry, Utomo. 2013. “ Studi Pemilihan Turbin Berdasarkan Potensi Energi Angin Pada Kawasan Bandaya Depati Amir Pangkal Pinang “. <http://indonesia.windprospecting.com/>  
<https://en.wind-turbine-models.com/>  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin)