

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Turbin Angin

Turbin Angin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan beberapa Turbin Angin yang memiliki kapasitas daya output sebesar 150 kW – 300 kW. Adapun model-model Turbin Angin tersebut adalah *Nordtank NTK 150kW*, *Nordex N27/150kW*, *Nordex N27/250kW*, *b.ventus 250kW*, *Enercon E30- 300kW*, *Enercon E33/ 300kW*.

Untuk menentukan *Annual Energy Production* Turbin Angin dengan persamaan dari 2.7 adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

AEP = *Annual Energy Production* (kW)

P.Curve = *Power Curve* (kW)

n_h = Jam dalam periode waktu (jam)

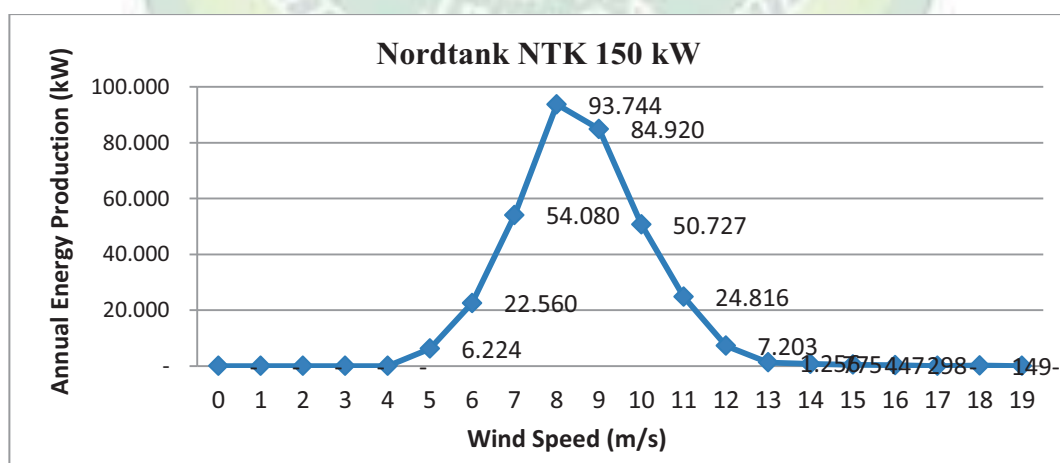
Data potensi kecepatan angin yang digunakan pada penelitian ini dari tahun 2004 sampai tahun 2015. Berikut adalah *Annual Energy Production* pada tahun 2015 :

Tabel 4. 1 Turbin Angin *Nordtank NTK 150 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n_h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	0	0
4	3	744	0	0
5	4	651	0	0
6	5	778	8	6.224
7	6	940	24	22.560
8	7	1352	40	54.080

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
9	8	1488	63	93.744
10	9	965	88	84.920
11	10	457	111	50.727
12	11	188	132	24.816
13	12	49	147	7.203
14	13	8	157	1.256
15	14	5	155	775
16	15	3	149	447
17	16	2	149	298
18	17	0	149	0
19	18	1	149	149
20	19	0	149	0
Total				347.199 KWh

Dari tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada turbin angin *Nordtank NTK* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 347.199 KWh.



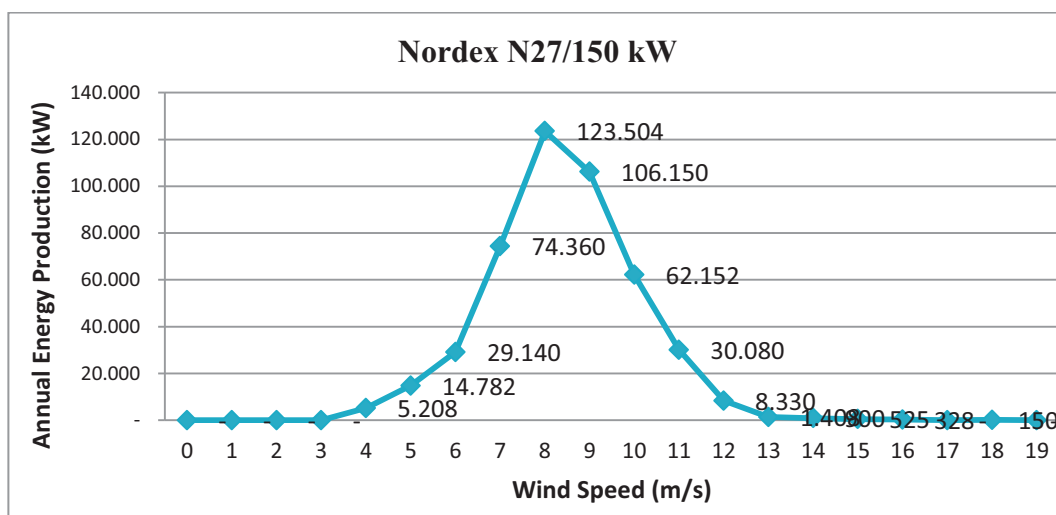
Gambar 4. 1 Grafik Turbin Angin *Nordtank NTK 150 kW*

Dari Grafik 4.1 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordtank NTK* dengan kapasitas daya 150 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 93.744 KWh.

Tabel 4. 2 Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	0	0
4	3	744	0	0
5	4	651	8	5.208
6	5	778	19	14.782
7	6	940	31	29.140
8	7	1352	55	74.360
9	8	1488	83	123.504
10	9	965	110	106.150
11	10	457	136	62.152
12	11	188	160	30.080
13	12	49	170	8.330
14	13	8	176	1.408
15	14	5	180	900
16	15	3	175	525
17	16	2	164	328
18	17	0	155	0
19	18	1	150	150
20	19	0	145	0
Total				457.017 KWh

Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 457.017 KWh.



Gambar 4. 2 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

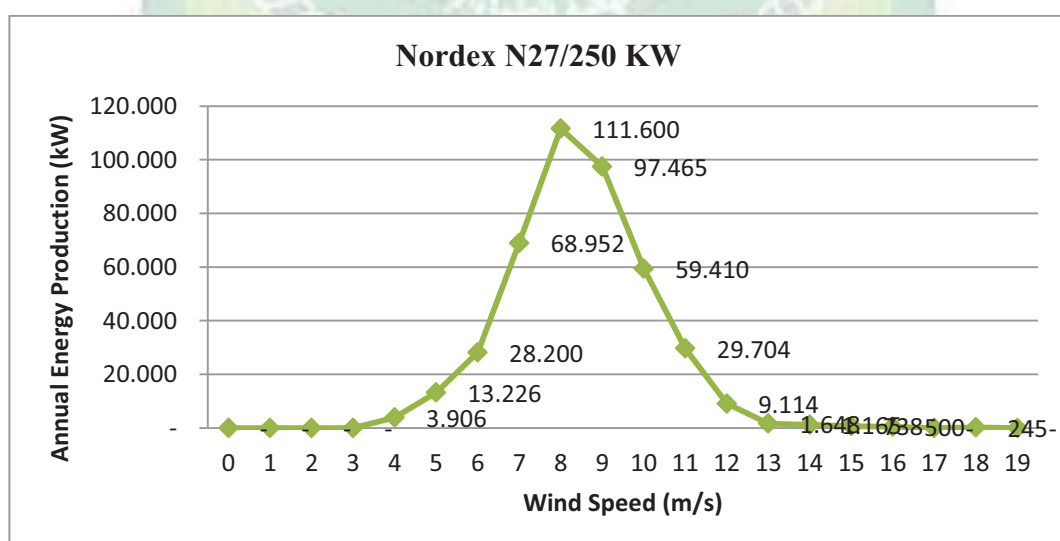
Dari Grafik 4.2 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 150 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 123.504 KWh.

Tabel 4. 3 Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	0	0
4	3	744	0	0
5	4	651	6	3.906
6	5	778	17	13.226
7	6	940	30	28.200
8	7	1352	51	68.952

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
9	8	1488	75	111.600
10	9	965	101	97.465
11	10	457	130	59.410
12	11	188	158	29.704
13	12	49	186	9.114
14	13	8	206	1.648
15	14	5	233	1.165
16	15	3	246	738
17	16	2	250	500
18	17	0	248	0
19	18	1	245	245
20	19	0	238	0
Total				425.873 KWh

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 425.873 KWh.



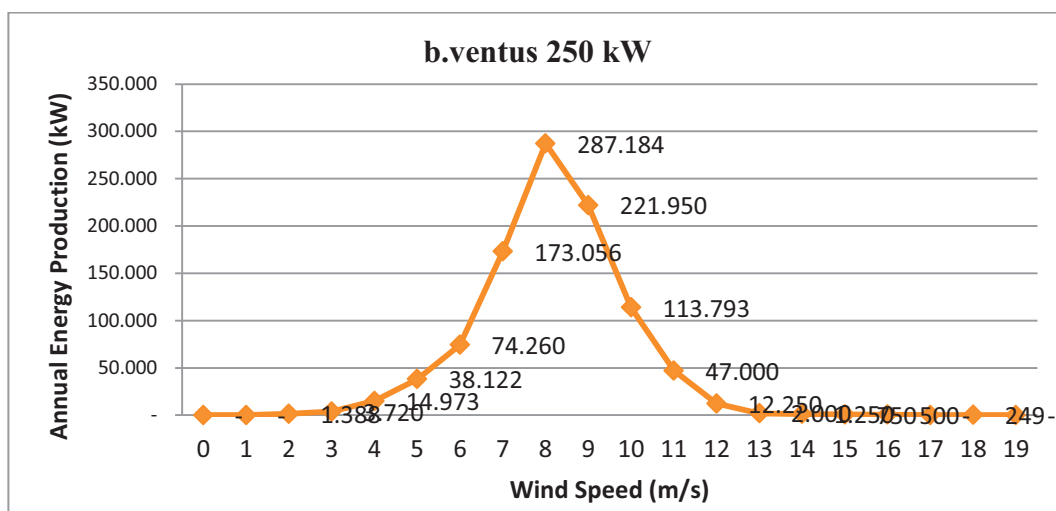
Gambar 4. 3 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

Dari Grafik 4.3 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 250 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 111.600 KWh.

Tabel 4. 4 Turbin Angin *b.Ventuz 250 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n_h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	2	1.388
4	3	744	5	3.720
5	4	651	23	14.973
6	5	778	49	38.122
7	6	940	79	74.260
8	7	1352	128	173.056
9	8	1488	193	287.184
10	9	965	230	221.950
11	10	457	249	113.793
12	11	188	250	47.000
13	12	49	250	12.250
14	13	8	250	2.000
15	14	5	250	1.250
16	15	3	250	750
17	16	2	250	500
18	17	0	250	0
19	18	1	249	249
20	19	0	237	0
Total				992.445 KWh

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 992.445 KWh.



Gambar 4. 4 Grafik Turbin Angin *b.Ventuz 250 kW*

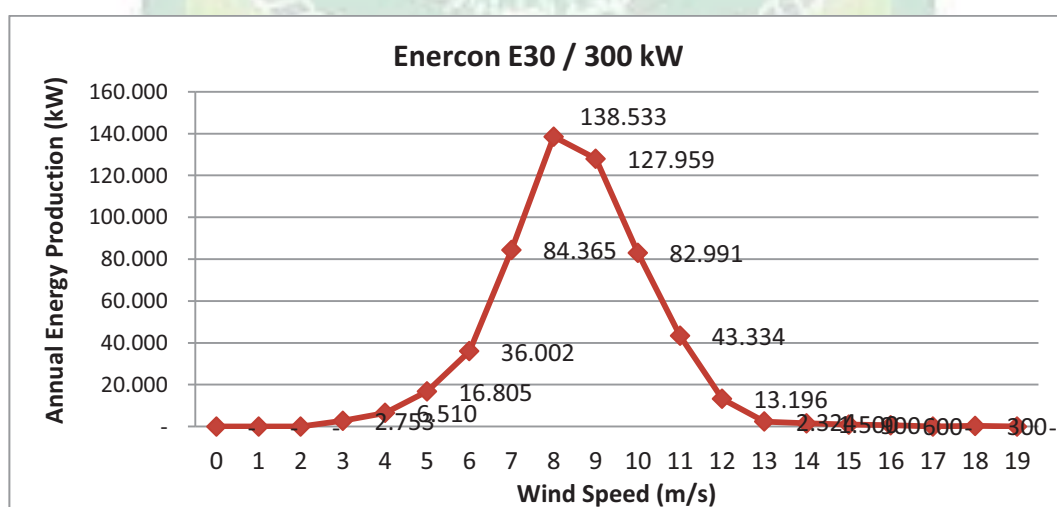
Dari Grafik 4.4 menunjukkan bahwa turbin angin *b. Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 287.184 KWh.

Tabel 4. 5 Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	0	0
4	3	744	3,7	2.753
5	4	651	10	6.510
6	5	778	21,6	16.805
7	6	940	38,3	36.002
8	7	1352	62,4	84.365

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
9	8	1488	93,1	138.533
10	9	965	132,6	127.959
11	10	457	181,6	82.991
12	11	188	230,5	43.334
13	12	49	269,3	13.196
14	13	8	290,5	2.324
15	14	5	300	1.500
16	15	3	300	900
17	16	2	300	600
18	17	0	300	0
19	18	1	300	300
20	19	0	300	0
Total				558.071 KWh

Dari tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada turbin angin *Enercon E30* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 558.071 KWh.



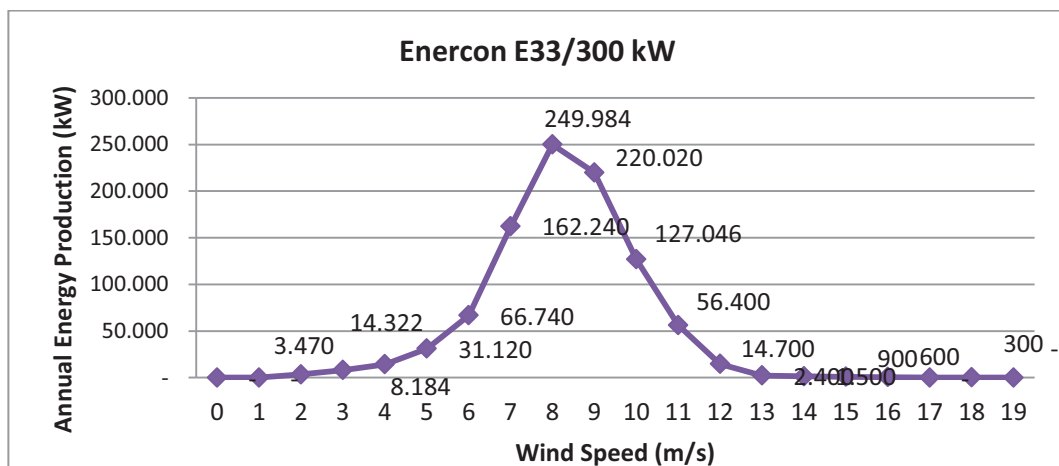
Gambar 4. 5 Grafik Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

Dari Grafik 4.5 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E30* dengan kapasitas daya 300 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 138.533 KWh.

Tabel 4. 6 Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

N0	Wind Speed (m/s)	Number of hour wind Speed (h/y)	Power Curve (kW)	AEP = P.Curve * n _h (kW)
1	0	51	0	0
2	1	383	0	0
3	2	694	5	3.470
4	3	744	11	8.184
5	4	651	22	14.322
6	5	778	40	31.120
7	6	940	71	66.740
8	7	1352	120	162.240
9	8	1488	168	249.984
10	9	965	228	220.020
11	10	457	278	127.046
12	11	188	300	56.400
13	12	49	300	14.700
14	13	8	300	2.400
15	14	5	300	1.500
16	15	3	300	900
17	16	2	300	600
18	17	0	300	0
19	18	1	300	300
20	19	0	300	0
Total				959.926 KWh

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa pada turbin angin *Enercon E33* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi listrik sebesar 959.926 KWh.



Gambar 4. 6 Grafik Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

Dari Grafik 4.6 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E33* dengan kapasitas daya 300 kW pada kecepatan angin 8 m/s menghasilkan energi listrik tertinggi yaitu 249.984 KWh.

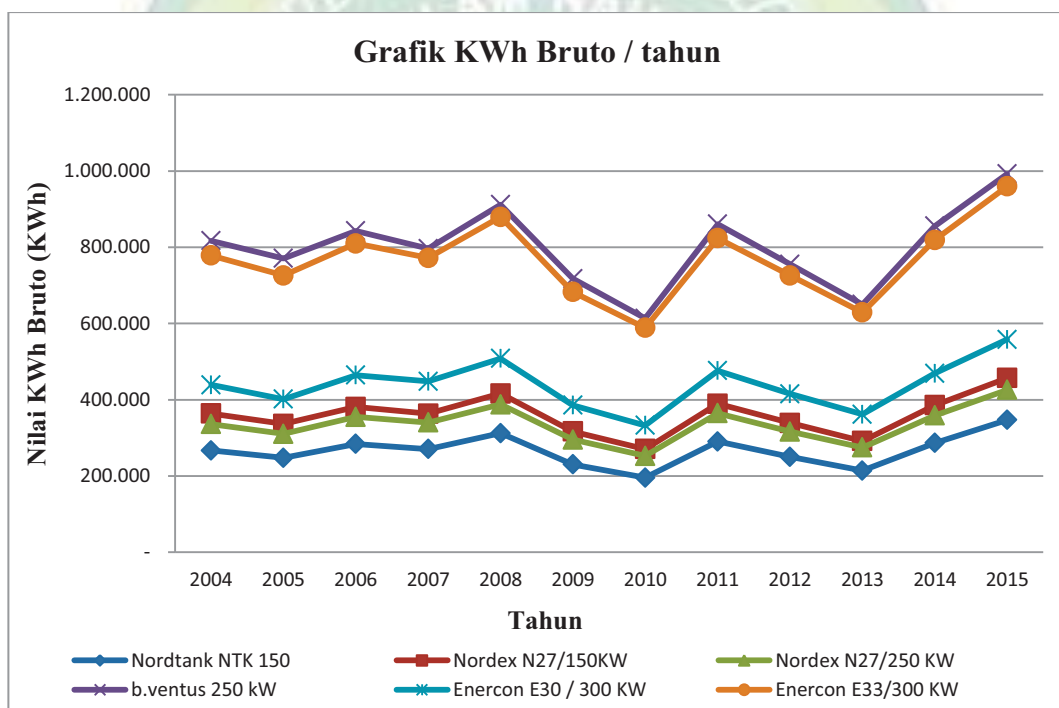
Data *Annual Energy Production* beberapa model-model Turbin Angin selama 12 tahun dari tahun 2004 – tahun 2015 per tahunnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Data kWh Bruto Turbin Angin (KWh)

N0	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

N0	Tahun	Nordtank NTK 150 kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
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 tabel 4.7 menunjukkan data beberapa model-model turbin angin selama 12 tahun dari tahun 2004 – tahun 2015.



Gambar 4. 7 Grafik Data kWh Bruto Turbin Angin (KWh)

Dari data tabel 4.7 merupakan energi yang dihasilkan turbin angin selama 12 tahun yaitu pada tahun 2004 sampai tahun 2015 dengan rata-rata KWh Bruto tertinggi adalah Turbin Angin *b.Ventuz 250 kW*. Dari data yang ada pada tabel 4.7

dapat dilakukan pencarian energi output maximal dari setiap turbin angin dengan persamaan dari 2.15 adalah sebagai berikut :

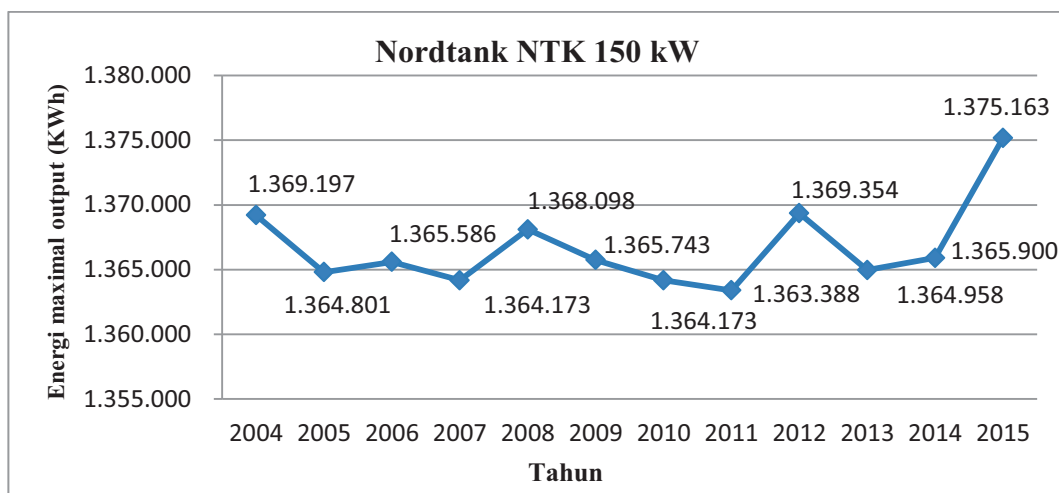
$$P_{\text{Max Output}} = \text{Total jam/tahun} * \text{Max. Power output turbin angin}$$

1) Tahun 2004 – 2015

Tabel 4. 8 Turbin Angin Nordtank NTK 150 kW

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	157	1.369.197
2	2005	8693	157	1.364.801
3	2006	8698	157	1.365.586
4	2007	8689	157	1.364.173
5	2008	8714	157	1.368.098
6	2009	8699	157	1.365.743
7	2010	8689	157	1.364.173
8	2011	8684	157	1.363.388
9	2012	8722	157	1.369.354
10	2013	8694	157	1.364.958
11	2014	8700	157	1.365.900
12	2015	8759	157	1.375.163

Dari tabel 4.8 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal 150 kW.



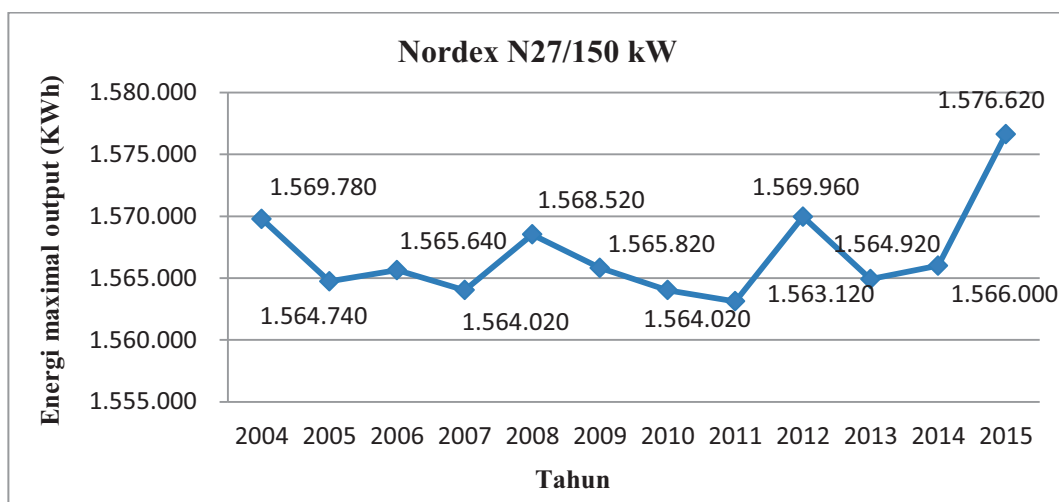
Gambar 4. 8 Grafik Turbin Angin *Nordtank NTK 150 kW*

Dari Grafik 4.8 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordtank NTK* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output sebesar 1.375.165 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 1.363.388 KWh.

Tabel 4. 9 Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	180	1.569.780
2	2005	8693	180	1.564.740
3	2006	8698	180	1.565.640
4	2007	8689	180	1.564.020
5	2008	8714	180	1.568.520
6	2009	8699	180	1.565.820
7	2010	8689	180	1.564.020
8	2011	8684	180	1.563.120
9	2012	8722	180	1.569.960
10	2013	8694	180	1.564.920
11	2014	8700	180	1.566.000
12	2015	8759	180	1.576.620

Dari tabel 4.9 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal 150 kW.



Gambar 4. 9 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

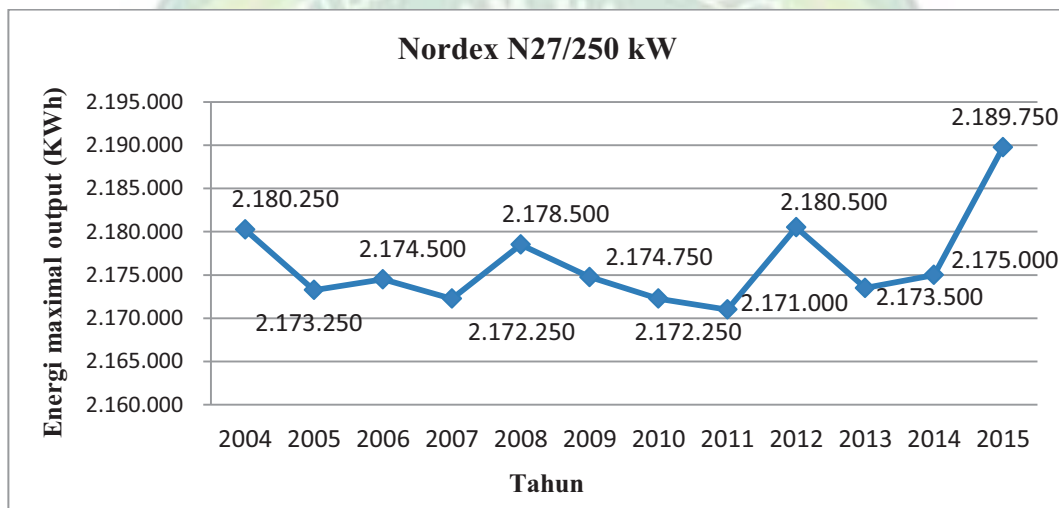
Dari Grafik 4.9 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output tertinggi sebesar 1.576.620 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 1.563.120 KWh.

Tabel 4. 10 Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	250	2.180.250
2	2005	8693	250	2.173.250
3	2006	8698	250	2.174.500
4	2007	8689	250	2.172.250
5	2008	8714	250	2.178.500
6	2009	8699	250	2.174.750
7	2010	8689	250	2.172.250

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
8	2011	8684	250	2.171.000
9	2012	8722	250	2.180.500
10	2013	8694	250	2.173.500
11	2014	8700	250	2.175.000
12	2015	8759	250	2.189.750

Dari tabel 4.10 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal 250 kW.



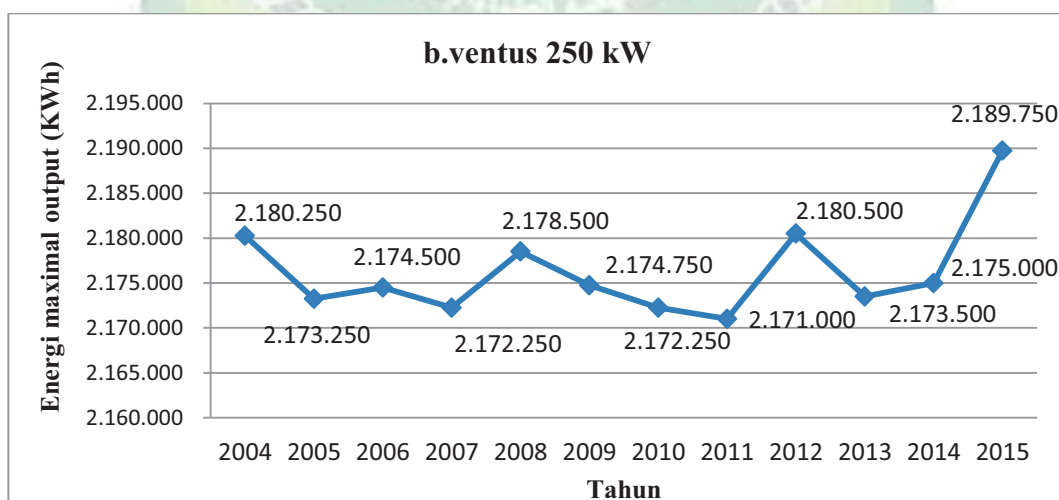
Gambar 4. 10 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

Dari Grafik 4.10 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output tertinggi sebesar 2.189.750 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 2.171.000 KWh.

Tabel 4. 11 Turbin Angin *b. Ventuz 250 kW*

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	250	2.180.250
2	2005	8693	250	2.173.250
3	2006	8698	250	2.174.500
4	2007	8689	250	2.172.250
5	2008	8714	250	2.178.500
6	2009	8699	250	2.174.750
7	2010	8689	250	2.172.250
8	2011	8684	250	2.171.000
9	2012	8722	250	2.180.500
10	2013	8694	250	2.173.500
11	2014	8700	250	2.175.000
12	2015	8759	250	2.189.750

Dari tabel 4.11 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal turbin angin 250 kW.

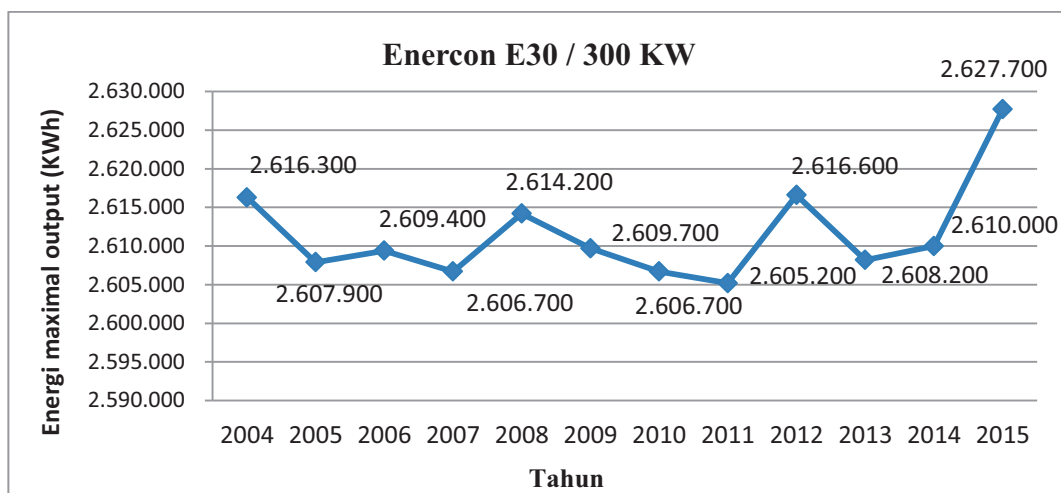
Gambar 4. 11 Grafik Turbin Angin *b. Ventuz 250 kW*

Dari Grafik 4.11 menunjukkan bahwa turbin angin *b. Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output tertinggi sebesar 2.189.750 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 2.171.000 KWh.

Tabel 4. 12 Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	300	2.616.300
2	2005	8693	300	2.607.900
3	2006	8698	300	2.609.400
4	2007	8689	300	2.606.700
5	2008	8714	300	2.614.200
6	2009	8699	300	2.609.700
7	2010	8689	300	2.606.700
8	2011	8684	300	2.605.200
9	2012	8722	300	2.616.600
10	2013	8694	300	2.608.200
11	2014	8700	300	2.610.000
12	2015	8759	300	2.627.700

Dari tabel 4.12 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal turbin angin 300 kW.



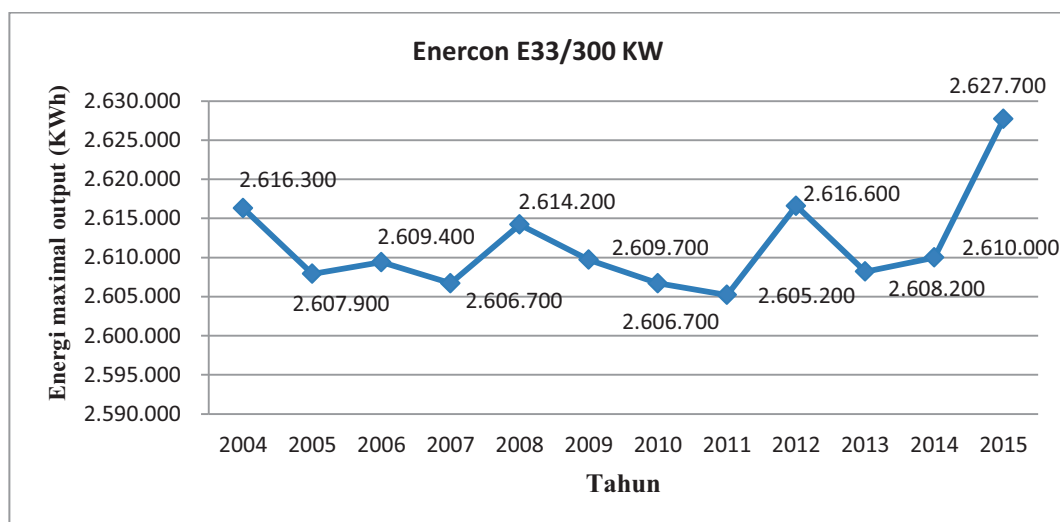
Gambar 4. 12 Grafik Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

Dari Grafik 4.12 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E30* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output tertinggi sebesar 2.627.700 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 2.605.200 KWh.

Tabel 4. 13 Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

No	Tahun	Jam/tahun	Max. P. Out TA (kW)	P.max = Jam/tahun * Max. P. Out TA (kW)
1	2004	8721	300	2.616.300
2	2005	8693	300	2.607.900
3	2006	8698	300	2.609.400
4	2007	8689	300	2.606.700
5	2008	8714	300	2.614.200
6	2009	8699	300	2.609.700
7	2010	8689	300	2.606.700
8	2011	8684	300	2.605.200
9	2012	8722	300	2.616.600
10	2013	8694	300	2.608.200
11	2014	8700	300	2.610.000
12	2015	8759	300	2.627.700

Dari tabel 4.13 menunjukkan bahwa dari tahun 2004 – tahun 2015 rata-rata kejadian angin dalam 1 tahun diatas 8680 jam dengan kapasitas daya maximal turbin angin 300 kW.



Gambar 4. 13 Grafik Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

Dari Grafik 4.13 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E33* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan energi maximal output tertinggi sebesar 2.627.700 KWh dan pada tahun 2011 menghasilkan energi maximal output terendah sebesar 2.605.200 KWh.

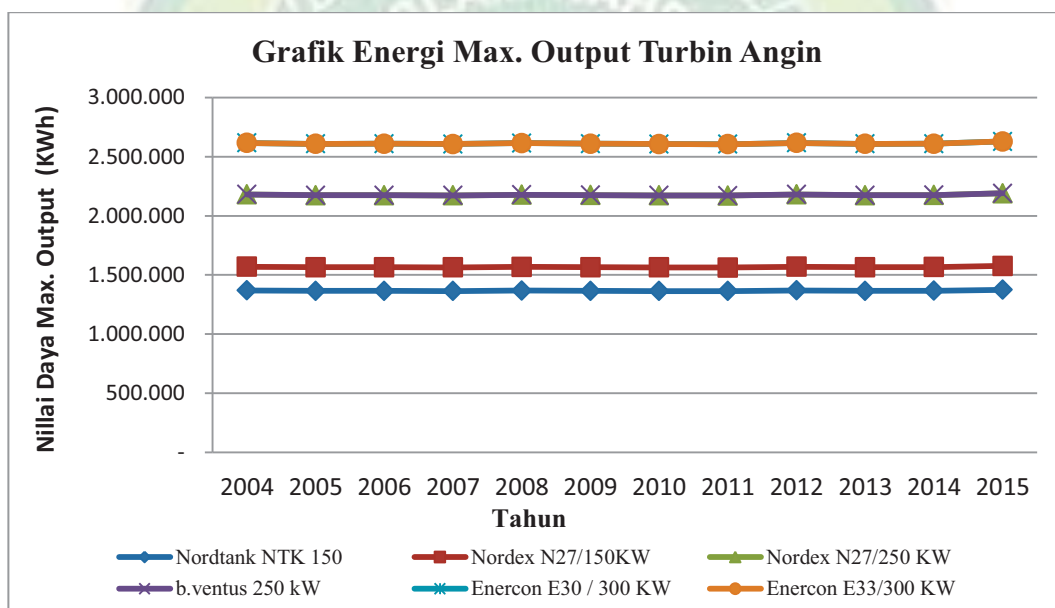
Dari beberapa perhitungan model-model turbin angin skala menengah, berikut adalah hasil energi maximal output turbin angin selama 12 tahun dari tahun 2004 sampai 2015.

Tabel 4. 14 Data Energi Maximal Output Turbin Angin (KWh)

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

No	Tahun	Nordtank NTK 150kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
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 4.14 menunjukkan bahwa energi output maximal turbin angin tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan pada setiap tahunnya.



Gambar 4. 14 Grafik Energi Maximal Output Turbin Angin (KWh)

Dari Grafik 4.14 menunjukkan 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.

4.2 Pemilihan Turbin Angin

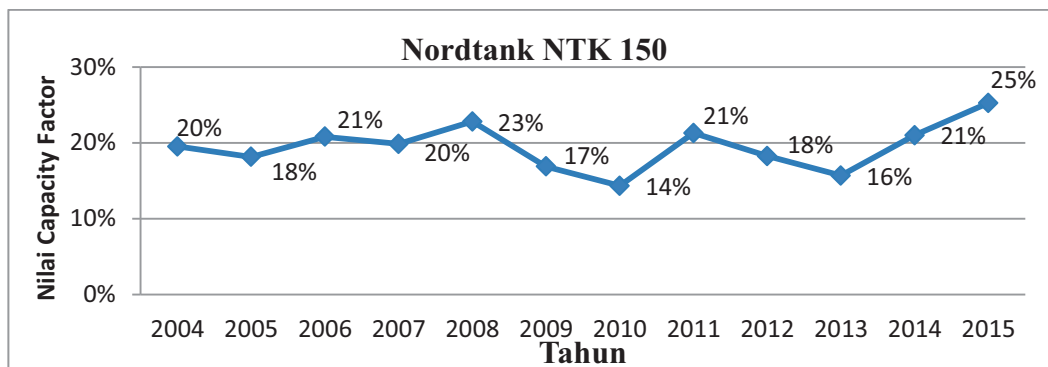
Capacity Factor merupakan ukuran kinerja turbin angin. Dari beberapa model-model turbin angin maka akan didapatkan nilai *Capacity Factor* turbin angin yang dipengaruhi kecepatan angin pada ketinggian 50 meter dan kurva turbin dengan persamaan rumus dari 2.16 adalah sebagai berikut :

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

Tabel 4. 15 Turbin Angin *Nordtank NTK 150 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	267.113	1.369.197	20%
2	2005	247.546	1.364.801	18%
3	2006	283.998	1.365.586	21%
4	2007	270.749	1.364.173	20%
5	2008	312.131	1.368.098	23%
6	2009	230.504	1.365.743	17%
7	2010	195.429	1.364.173	14%
8	2011	290.284	1.363.388	21%
9	2012	250.057	1.369.354	18%
10	2013	214.175	1.364.958	16%
11	2014	286.756	1.365.900	21%
12	2015	347.199	1.375.163	25%

Dari data tabel 4.15 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordtank NTK* dengan kapasitas daya 150 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 19% selama 15 tahun.



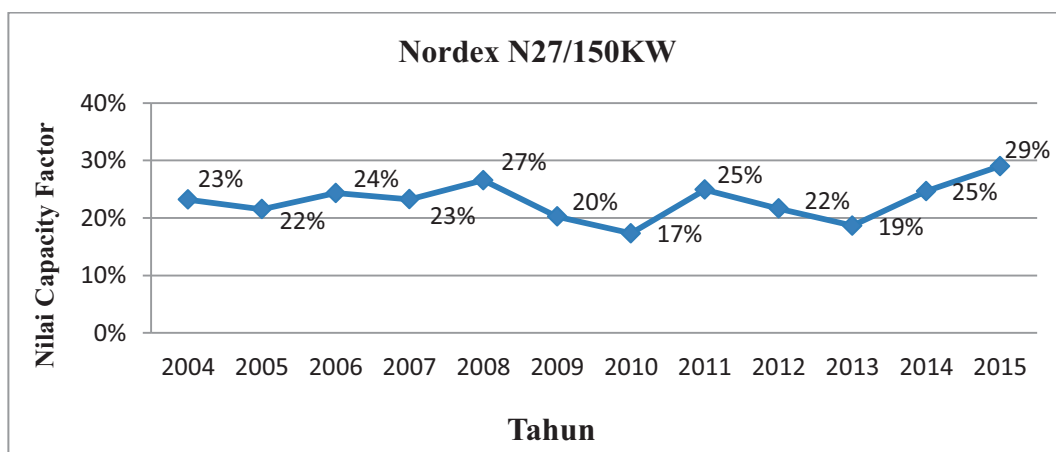
Gambar 4. 15 Grafik Turbin Angin *Nordtank NTK 150 kW*

Dari Grafik 4.15 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordtank NTK* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 25% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 14%.

Tabel 4. 16 Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	363.747	1.569.780	23%
2	2005	336.614	1.564.740	22%
3	2006	380.916	1.565.640	24%
4	2007	363.367	1.564.020	23%
5	2008	416.374	1.568.520	27%
6	2009	316.912	1.565.820	20%
7	2010	270.752	1.564.020	17%
8	2011	389.423	1.563.120	25%
9	2012	339.293	1.569.960	22%
10	2013	291.726	1.564.920	19%
11	2014	385.897	1.566.000	25%
12	2015	457.017	1.576.620	29%

Dari data tabel 4.16 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 150 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 23% selama 15 tahun.



Gambar 4. 16 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/150 kW*

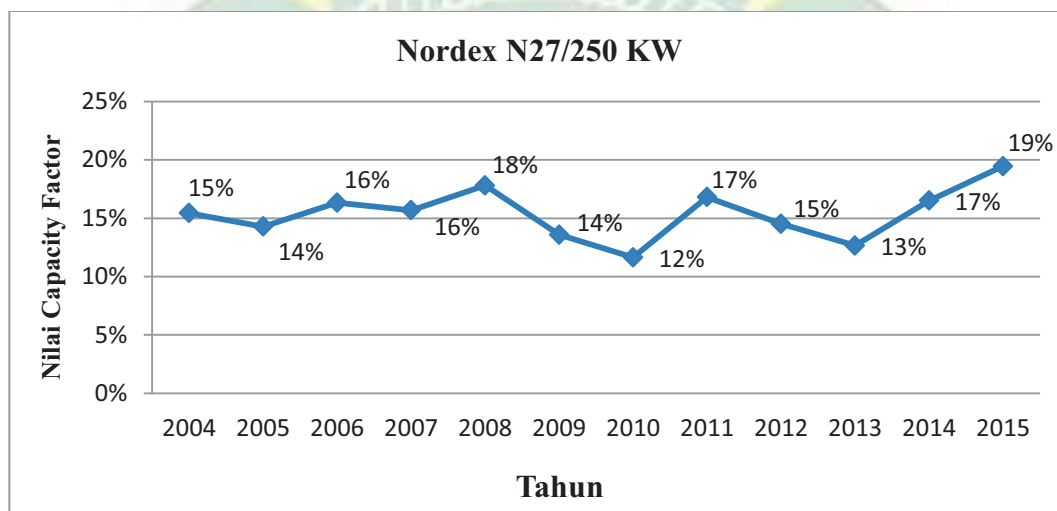
Dari Grafik 4.16 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 150 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 29% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 17%.

Tabel 4. 17 Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	336.303	2.180.250	15%
2	2005	310.411	2.173.250	14%
3	2006	354.954	2.174.500	16%
4	2007	340.498	2.172.250	16%
5	2008	387.693	2.178.500	18%
6	2009	295.450	2.174.750	14%
7	2010	252.855	2.172.250	12%
8	2011	364.808	2.171.000	17%

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	$CF = \frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
9	2012	316.614	2.180.500	15%
10	2013	274.972	2.173.500	13%
11	2014	358.933	2.610.000	14%
12	2015	425.873	2.145.955	20%

Dari data tabel 4.17 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 250 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 15% selama 15 tahun.



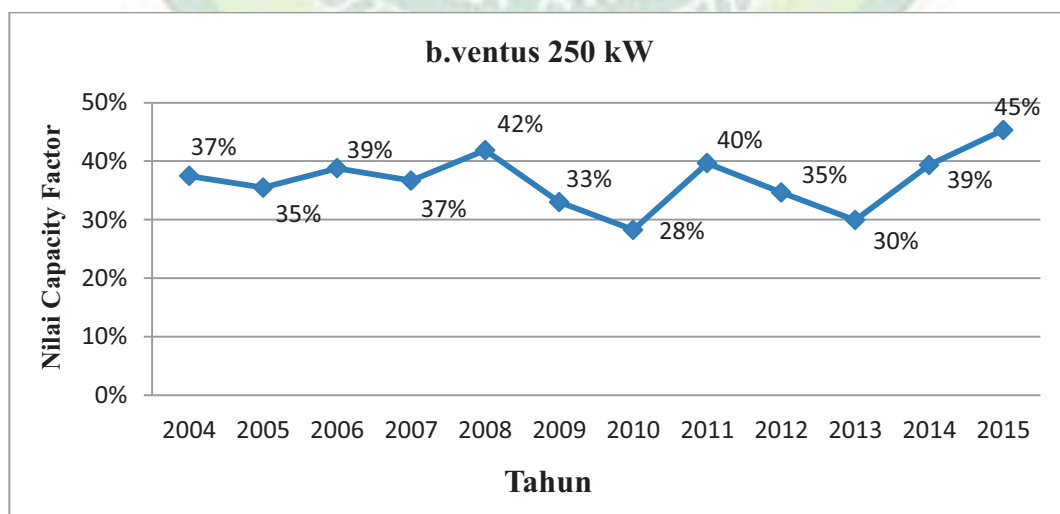
Gambar 4. 17 Grafik Turbin Angin *Nordex N27/250 kW*

Dari Grafik 4.17 menunjukkan bahwa turbin angin *Nordex N27* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 19% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 12%.

Tabel 4. 18 Turbin Angin *b. Ventuz 250 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	816.915	2.180.250	37%
2	2005	771.021	2.173.250	35%
3	2006	843.053	2.174.500	39%
4	2007	796.607	2.172.250	37%
5	2008	912.013	2.178.500	42%
6	2009	717.826	2.174.750	33%
7	2010	613.390	2.172.250	28%
8	2011	860.937	2.171.000	40%
9	2012	755.505	2.180.500	35%
10	2013	649.924	2.173.500	30%
11	2014	855.750	2.175.000	39%
12	2015	992.445	2.189.750	45%

Dari data tabel 4.18 menunjukkan bahwa turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 37% selama 15 tahun.

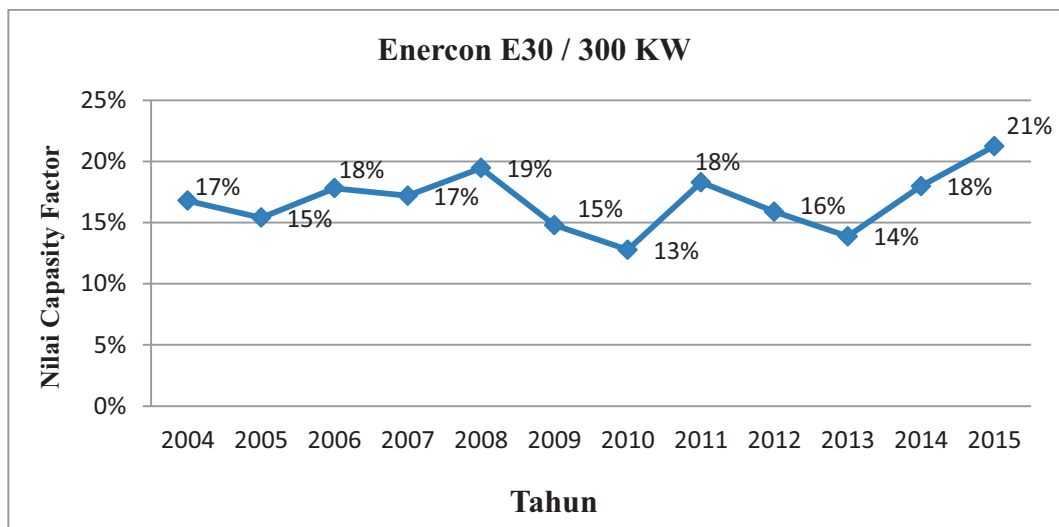
Gambar 4. 18 Grafik Turbin Angin *b. Ventuz 250 kW*

Dari Grafik 4.18 menunjukkan bahwa turbin angin *b. Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 45% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 28%.

Tabel 4. 19 Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	439.204	2.616.300	17%
2	2005	401.596	2.607.900	15%
3	2006	464.595	2.609.400	18%
4	2007	448.253	2.606.700	17%
5	2008	508.454	2.614.200	19%
6	2009	385.770	2.609.700	15%
7	2010	332.764	2.606.700	13%
8	2011	476.310	2.605.200	18%
9	2012	415.452	2.616.600	16%
10	2013	361.869	2.608.200	14%
11	2014	469.201	2.610.000	18%
12	2015	558.071	2.627.700	21%

Dari data tabel 4.19 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E30* dengan kapasitas daya 300 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 17% selama 15 tahun.



Gambar 4. 19 Grafik Turbin Angin *Enercon E30/300 kW*

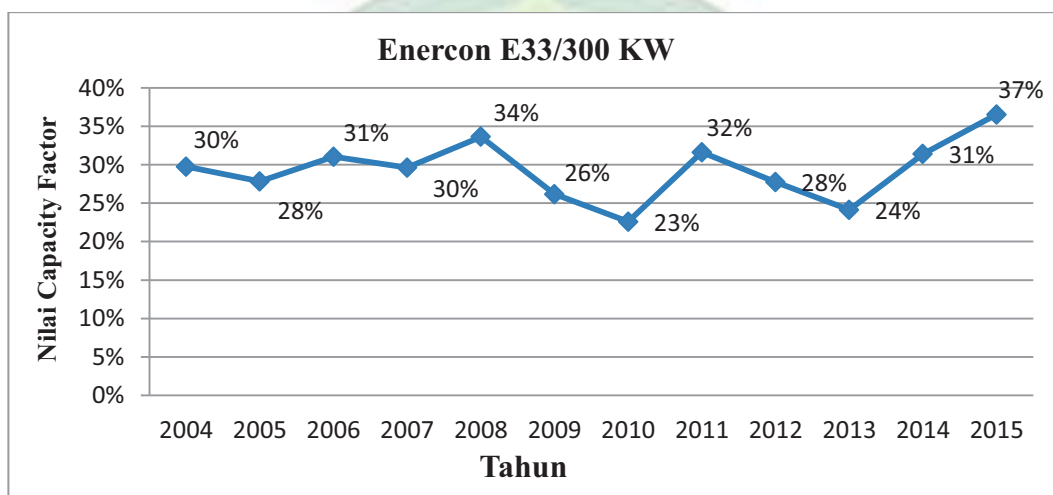
Dari Grafik 4.19 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon N30* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 21% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 13%.

Tabel 4. 20 Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	CF = $\frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
1	2004	778.451	2.616.300	30%
2	2005	725.948	2.607.900	28%
3	2006	809.905	2.609.400	31%
4	2007	772.012	2.606.700	30%
5	2008	879.473	2.614.200	34%
6	2009	682.892	2.609.700	26%
7	2010	588.710	2.606.700	23%
8	2011	823.802	2.605.200	32%
9	2012	726.158	2.616.600	28%
10	2013	629.253	2.608.200	24%

No	Tahun	P.Bruto (KWh)	P.Max Out (KWh)	$CF = \frac{P_{bruto}}{P_{max\ out}} \times 100\%$
11	2014	819.379	2.610.000	31%
12	2015	959.926	2.627.700	37%

Dari data tabel 4.20 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon E33* dengan kapasitas daya 250 kW menghasilkan *Capacity Factor* rata-rata 29% selama 15 tahun.



Gambar 4. 20 Grafik Turbin Angin *Enercon E33/300 kW*

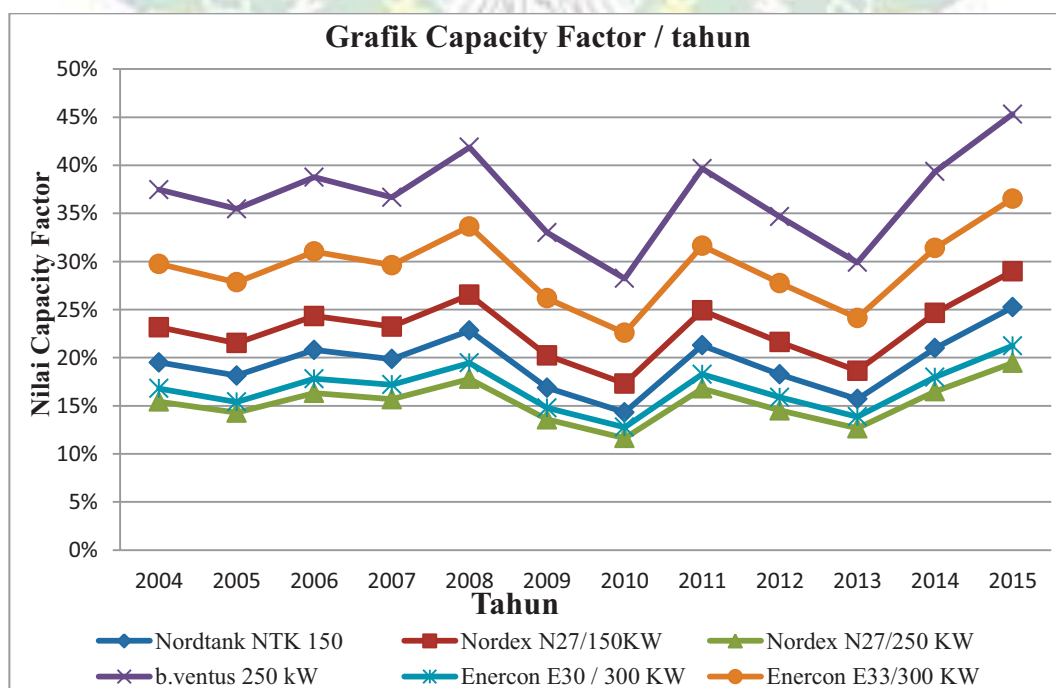
Dari Grafik 4.20 menunjukkan bahwa turbin angin *Enercon N33* dengan kapasitas daya 300 kW pada tahun 2015 menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi sebesar 37% dan pada tahun 2010 menghasilkan *Capacity Factor* terendah sebesar 23%.

Tabel 4. 21 Data *Capacity Factor* 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	20%	23%	15%	37%	17%	30%
2	2005	18%	22%	14%	35%	15%	28%
3	2006	21%	24%	16%	39%	18%	31%

No	Tahun	Nordtank NTK 150kW	Nordex N27/150kW	Nordex N27/250 kW	b.ventus 250 kW	Enercon E30 / 300 kW	Enercon E33/300 kW
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	1012	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 4.20 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. 21 Grafik *Capacity Factor* Turbin Angin

Dari Grafik 4.21 menunjukkan hasil dari beberapa model-model turbin angin yang telah melalui perhitungan kinerja untuk ketinggian 50 meter dengan titik *Latitude* -5.782 dan *Longitude* 110.469. Pada tabel 4.21 dapat dilihat bahwa kinerja turbin angin setiap tahunnya tertinggi adalah turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW, dengan rata-rata selama 12 tahun menghasilkan *Capacity factor* sebesar 37%. Kinerja turbin angin *b. Ventuz* dapat menghasilkan *Capacity Factor* tertinggi karena pada potensi kecepatan angin 2,5 m/s bilah turbin angin sudah dapat berputar, dan juga dilihat dari spesifikasi fisik turbin angin yang mempunyai diameter rotor 42,5 m sedangkan turbin angin lainnya masih dibawah 40 m untuk diameter rotornya.

Berdasarkan hasil perhitungan dari data tabel 4.21 maka turbin angin yang dipilih untuk digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin di Pulau Karimunjawa adalah model turbin angin *b.Ventuz* dengan kapasitas daya 250 kW.

