

# Perancangan *Protoype* Turbin Angin Poros Horisontal Dengan Putaran Rendah untuk Daerah Pantai Kenjeran

TIYASMIHADI, SHANDY AULIA  
 Jurusan Teknik Bangunan Kapal  
 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
 email : trias\_mihadi@yahoo.com

**Abstract**— Kecepatan angin di pantai Kenjeran Surabaya dekat Jembatan Suramadu adalah tertinggi 4,93 m/s dan terendah 3,61 m/s sehingga kecepatan angin di daerah Kenjeran termasuk kelas rendah dan menengah, maka untuk itu dirancang sebuah prototype turbin angin dengan rotor putaran rendah dengan type poros horisontal. Dengan menggunakan generator magnet permanen putaran rendah dengan daya 300 watt, maka dihasilkan rancangan turbin angin dengan diameter rotor berdiameter 3,170 m berbahan *Polivinil klorida* (PVC) dan ketinggian kerja rotor 4,5 m dari permukaan air laut. Hasil dari pengujian turbin angin horisontal dengan daya generator magnet permanen menghasilkan daya sebesar 208 W dengan tahanan 20 Ohm dan dan daya 253 W dengan tahanan 20 Ohm.

**Kata kunci**— turbin, rotor, poros horisontal, generator

## I. PENDAHULUAN

Tempat wisata pantai di Surabaya yang paling dikenal masyarakat Surabaya adalah Pantai Kenjeran yang lokasinya disebalah timur wilayah kotamadya Surabaya. Karena lokasinya yang berada di pinggir pantai, tentunya daerah tersebut banyak dilalui angin dengan kecepatan yang dapat memutar suatu turbin angin.

Menurut data BMKG Juanda pengukuran kecepatan angin di pantai Kenjeran dekat Jembatan Suramadu dilakukan pada siang hari, diperoleh hasil kecepatan angin tertinggi adalah 17,75 km/jam dan terendah 1,30 km/jam.

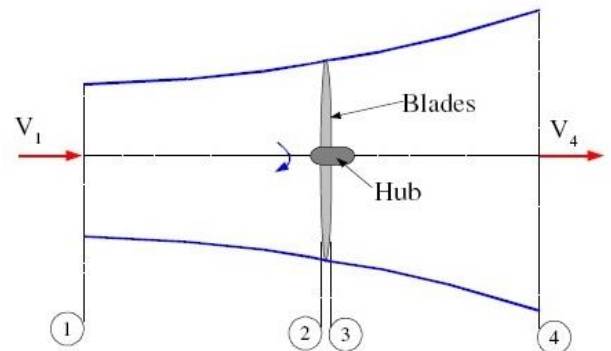
Karena kecepatan angin di daerah Kenjeran termasuk kelas rendah dan menengah, maka untuk itu dirancang sebuah prototype turbin angin dengan rotor putaran rendah.

Dengan panjang garis pantai yang panjang tentunya ketersediaan energi angin sangat melimpah di Indonesia dan ini merupakan sangat potensial dibangun suatu ladang angin (*wind farm*) untuk menghasilkan energi listrik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Momentum Theory

Dianggap tabung aliran di sekitar turbin angin yang ditunjukkan pada gambar 1. Empat stasiun ditunjukkan dalam diagram 1, beberapa cara hulu turbin, 2 sebelum bilah, 3 setelah bilah dan 4 beberapa alur bawah bilah. Antara 2 dan 3 energi diekstrak dari angin dan ada perubahan tekanan sebagai hasil. [1]



Gambar 1. Tabung aliran aksial pada turbin angin

Diasumsikan  $P_1 = P_4$  dan  $V_2 = V_3$ , dapat juga diasumsikan bahwa aliran antara 1 dan 2 antara 3 dan 4 adalah aliran tanpa gesekan sehingga dapat diaplikasikan persamaan Bernoulli :

$$p_2 - p_3 = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_4^2) \quad (1)$$

Telah diketahui bahwa Gaya adalah tekanan dikali dengan luasan, maka:

$$dF_x = (p_2 - p_3) dA \quad (2)$$

$$dF_x = \frac{1}{2} \rho (V_1^2 - V_4^2) dA \quad (3)$$

Menentukan faktor induksi aksial seperti ;

$$a = (V_1 - V_2) / V_1 \quad (4)$$

dapat juga ditulis :

$$V_2 = V_1 (1 - a) \quad (5)$$

$$V_4 = V_1 (1 - 2a) \quad (6)$$

Dan disubstitusi sehingga:

$$dF_x = \frac{1}{2} \rho V_1^2 [4a(1 - a)] 2\pi r dr \quad (7)$$

### Power Output

Kontribusi terhadap total daya dari setiap anulus adalah :

$$dP = \Omega dT \tag{8}$$

$$P = \int_{rh}^R dP dr = \int_{rh}^R \Omega dT dr \tag{9}$$

### III. METODOLOGI

Pengujian terhadap permasalahan yang terjadi, maka perlu dibuatkan metode yang sesuai dengan tujuan penelitian dan tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3. Penelitian dilakukan dengan dua tahap, yaitu:

1. Metode simulasi dan model dengan skala pengecilan
2. Metode eksperimen untuk model

Metode Simulasi :

Sesudah merumuskan masalah permasalahan seperti menentukan ukuran atau dimensi dengan metode trial and error, maka langkah-langkah yang digunakan secara umum adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi blade atau rotor
2. Menghitung Konstruksi

Pembuatan *model blade rotor* dilakukan dengan skala penuh dengan material PVC.

### Metode Ekperimen

Pada metode eksperimen dilakukan pembuatan dan pengujian terhadap turbin angin yang sudah dibuat dan validasi data hasil yang berupa luaran tegangan (V) generator magnet permanen serta putaran rotor pada berbagai kecepatan angin.

### IV. HASIL PENELITIAN

#### Rancangan Turbin Angin.

Daya atau tenaga angin adalah proposioanal dengan kerapatan udara, area daerah yang dilewati angin dan kecepatan angin. Relasi variable tersebut dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3 \tag{10}$$

Yang mana  $P_w$  = daya angin (W),  $\rho$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ ),  $A$  = lingkaran rotor / swept area ( $\text{m}^2$ ),  $V$  = kecepatan angin (m/s). Pada temperature dan tekanan yang standar (STP = 273 K and 101.3 kPa ), maka persamaan [2] berkurang menjadi :

$$P_w = 0,647 A V^3 \tag{11}$$

Sebuah turbin angin tidak dapat 100% menggunakan energi angin, hal ini dikarenakan energi angin dipakai untuk menekan bilah rotor mengalami perubahan. Berubahnya tekanan menyebabkan kecepatan angin menurun seraya rotor menyerap energi sehingga daya mekanikal yang didapat dari angin dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{16}{27} A V^3\right) \tag{12}$$

Dimana,  $P_m$  = mechanical power (W),  $\rho$  = 1,225 ( $\text{kg/m}^3$ ),  $A$  = lingkaran rotor / swept area ( $\text{m}^2$ ),  $v$  = kecepatan angin (m/s) dan  $16/27$  = Betz coefficient.

Dari tabel 1 tentang data kecepatan angin pada bulan September di daerah Kenjeran Surabaya dan Generator magnet permanen daya 300 W dengan efisiensi 96%, maka diameter rotor turbin angin dapat diperoleh radiusnya dengan persamaan [3].

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{16}{27} A V^3\right) \tag{13}$$

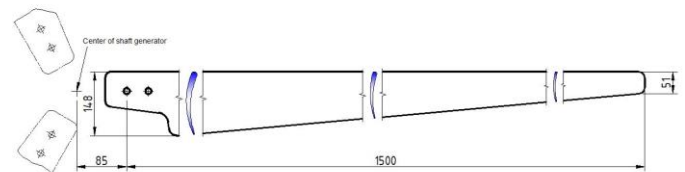
$$300.0,96 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{16}{27} \cdot \pi R^2 V^3\right) \tag{13}$$

$$R = \sqrt{\frac{300.0,96.2}{0,593 \cdot \pi \cdot 1,225 \cdot 4,65^3}} \tag{14}$$

$$R = 1,585 \text{ m} \tag{15}$$

Tabel 1. Data Kecepatan Angin

Bulan	Kecepatan angin rata-rata (m/s)	Arah (°)
Januari	3,62	320
Februari	2,58	300
Maret	3,10	150
April	2,58	70
Mei	3,62	340
Juni	3,62	130
Juli	4,13	140
Agustus	4,65	120
September	4,65	110
Oktober	4,65	110
Nopember	4,65	10
Desember	3,10	330



Gambar 2. Rancangan Rotor / Blade



Gambar 3. Generator Magnet Permanet



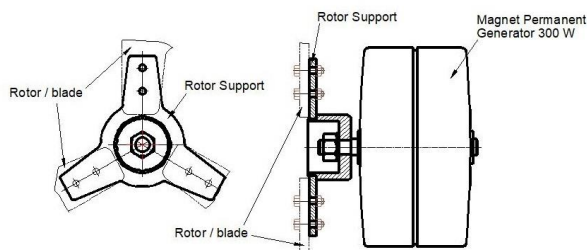
Gambar 4. Anemometer

Table 2. Specification 0,3 kW Generator Magnet Permanent

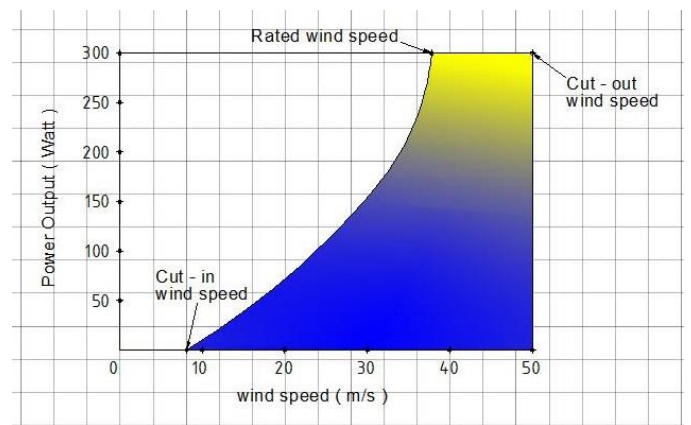
Parameter	Unit	Value
Rated power	W	300
Rated speed	rpm	300
Rated frequency	Hz	50
Generator diameter	mm	168
Generator length	mm	55



Gambar 8. Uji Coba Untuk Mendapatkan Data



Gambar 5. Pemasangan Rotor / Blade Pada generator



Gambar 9. Kurva Power Versus Kecepatan Angin



Gambar 6. Assembly Pemasangan Pada Generator

Table 3. Hasil Kecepatan Putaran Rotor Dengan Kecepatan Angin Yang Berbeda (Rpm) Pada Beban Bervariasi

Wind Speed (m/s)	R <sub>1</sub> 25 Ω	R <sub>2</sub> 20 Ω	R <sub>3</sub> 15 Ω	R <sub>4</sub> 10 Ω
8	410	384	402	277
11	654	675	422	322
14	865	835	745	643
17	1143	1042	844	801

Table 4. Power In Watts

Wind Speed (m/s)	R <sub>1</sub> 25 Ω	R <sub>2</sub> 20 Ω	R <sub>3</sub> 15 Ω	R <sub>4</sub> 10 Ω
8	20	20	30	18
11	52	64	33	25
14	95	98	101	100
17	195	20	183	199



Gambar 7. Pemasangan Pada Generator

### KESIMPULAN

Kecepatan angin berpengaruh signifikan terhadap tegangan, semakin besar kecepatan angin output tegangan menjadi besar dan faktor lingkungan seperti arah angin, korosi, uap air diudara dan beban mekanik mempengaruhi kinerja turbin angin.

## REFERENCES

- [1] Manwell, J., McGowan, J., and Rogers, A. (2002). *Wind Energy Explained. Theory, Design and Application*. John Wiley and Sons, Ltd.
- [2] Patrick J. Moriarty and Sandy B. Butterfield 2009, "Wind Turbine Modeling Overview for Control Engineers", American Control Conference Hyatt Regency River front, St. Louis, MO, USA June 10-12, 2009.
- [3] Burton, T.; Sharpe, D.; Jenkins, N.; Bossanyi, E. *Wind Energy Handbook*. New York: Wiley, 2001.
- [4] Sheldahl, Robert E., Klimas, Paul C., 1981. "Aerodynamic Characteristics of Seven Symmetrical Airfoil Sections Through 180-Degree Angle of Attack for Use in Aerodynamic Analysis of Vertical Axis Wind Turbines", Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM., USA.
- [5] Reuss, R.L., Hoffmann, M.J., Gregorek, G.M., December 1995. 'Effects of Surface Roughness and Vortex Generators on the NACA 4415 Airfoil, The Ohio 48 State University, Columbus, Ohio, USA. Retrieved from [http://wind.nrel.gov/OSU\\_data/reports/7x10/N4415\\_7x10.pdf](http://wind.nrel.gov/OSU_data/reports/7x10/N4415_7x10.pdf) on November 3, 2005.