

Contoh Soal - Perhitungan Beban Aerodinamis pada Desain Turbin Angin

Ditulis oleh: Jufrizal, S.T., M.T.

Afiliasi: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

Email: jufrizal@staff.uma.ac.id

Dipublikasikan: 12 Juni 2024



Bahan Ajar - Energi Angin

Pertemuan : 11

Topik : Beban Desain untuk Turbin Angin (lanjutan)

Dosen : Jufrizal, S.T., M.T.

Contoh Soal - Perhitungan Beban Aerodinamis pada Desain Turbin Angin

(Burton et al., 2001; Letcher, 2017)

Kecepatan Angin di suatu wilayah adalah 10 m/s dipasang sebuah turbin angin dengan diameter rotor 50 m dan jumlah baling-baling adalah 3. Kepadatan Udara adalah $1,225 \text{ kg/m}^3$ (pada kondisi standar). Hitung beban aerodinamis pada desain turbin angin dengan melibatkan analisis gaya-gaya yang bekerja pada baling-baling akibat aliran angin.

Penyelesaian:

Langkah-langkah dasar untuk menghitung beban aerodinamis pada baling-baling turbin angin:

1. Data dasar yang dibutuhkan

- Kecepatan Angin (V), 10 m/s
- Diameter Rotor (D), 50 m
- Jumlah Baling-baling, 3
- Kepadatan Udara (ρ), 1.225 kg/m^3 .

2. Hitung Luas Sapuan Rotor

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$
$$A = \frac{\pi (50)^2}{4}$$
$$A = 1963.5 \text{ m}^2$$

3. Hitung Daya yang Tersedia dalam Angin

Daya yang tersedia dalam angin yang mengenai rotor turbin adalah:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$
$$P_{wind} = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 1963.5 \times (10)^3$$
$$P_{wind} = 1,202,578.75 \text{ W}$$
$$P_{wind} \approx 1.2 \text{ MW}$$

4. Hitung Gaya Aerodinamis

Gaya aerodinamis yang bekerja pada baling-baling turbin dihitung dengan koefisien gaya angkat (C_L) dan gaya seret (C_D) yang ditentukan dari karakteristik profil baling-baling.

Misalnya, untuk sebuah profil baling-baling pada sudut serang tertentu:

- C_L : 1.2 (koefisien gaya angkat)
- C_D : 0.1 (koefisien gaya seret)

Gaya angkat per satuan panjang (L') dan gaya seret per satuan panjang (D') dapat dihitung sebagai berikut:

5. Hitung Gaya Angkat dan Seret

$$L' = \frac{1}{2} \rho V^2 C_L c$$

$$D' = \frac{1}{2} \rho V^2 C_D c$$

Di mana c adalah panjang kord baling-baling (misalnya, 3 m).

Panjang kord baling-baling (c) adalah jarak antara tepi depan (leading edge) dan tepi belakang (trailing edge) dari profil baling-baling. Panjang kord ini biasanya bervariasi sepanjang panjang baling-baling, dengan kord yang lebih lebar di pangkal (dekat hub) dan lebih sempit di ujung baling-baling.

$$L' = \frac{1}{2} \times 1.225 \times (10)^2 \times 1.2 \times 3$$

$$L' = 220.5 \text{ N/m}$$

$$D' = \frac{1}{2} \times 1.225 \times (10)^2 \times 0.1 \times 3$$

$$D' = 18.375 \text{ N/m}$$

6. Hitung Gaya Total pada Baling-baling

Total gaya pada setiap baling-baling tergantung pada panjang baling-baling (misalnya, 25 m):

$$L_{total} = L' \times \text{panjang baling-baling}$$

$$D_{total} = D' \times \text{panjang baling-baling}$$

$$L_{total} = 220.5 \times 25$$

$$L_{total} = 5512.5 \text{ N}$$

$$D_{total} = 18.375 \times 25$$

$$D_{total} = 459.375 \text{ N}$$

Jadi, gaya angkat total yang bekerja pada satu baling-baling adalah 5512.5 N dan gaya seret total adalah 459.375 N. Gaya ini akan diambil untuk perhitungan lebih lanjut dalam desain struktur baling-baling turbin angin.

Catatan:

- Perhitungan di atas adalah perhitungan dasar dan dapat lebih kompleks dengan mempertimbangkan distribusi kecepatan angin sepanjang baling-baling, sudut serang variabel, efek kecepatan putaran rotor, dan lain-lain.
- Analisis aerodinamis lebih lanjut biasanya dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi yang lebih canggih seperti CFD (Computational Fluid Dynamics).

Tugas.

Hitung beban aerodinamis pada desain turbin angin seperti pada **Contoh Soal - Perhitungan Beban Aerodinamis pada Desain Turbin Angin diatas** dengan variasi kecepatan angin pada kelas 3 s,d 8 (nilai rata-rata).

Tabel 1. Tingkatan kecepatan angin 10 meter diatas permukaan tanah dalam satuan knots (Habibie dkk., 2011)

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas	Kecepatan	Kondisi Alam di Daratan
1	0,00 – 0,02	-----
2	0,3 – 1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6 – 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5 – 7,9	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 – 36,9	Tornado

Sumber: (Abdullah et al., 2016)

Referensi:

- Abdullah, I., Nurdin, J., & Hasanuddin. (2016). Kajian Potensi Energi Angin Di Daerah Kawasan Pesisir Pantai Serdang Bedagai Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1), 31–38. <https://www.neliti.com/publications/329147/kajian-potensi-energi-angin-di-daerah-kawasan-pesisir-pantai-serdang-bedagai-unt>
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind Energy Handbook*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Letcher, T. M. (2017). Wind Energy Engineering: A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines. In *Wind Energy Engineering: A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. Joe Hayton.