

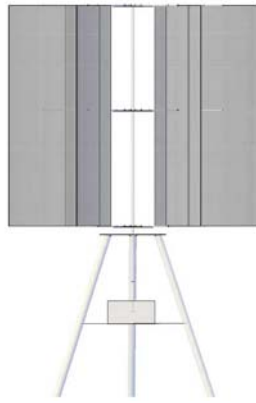
BAB III

PERENCANAAN, PEMBUATAN, DAN PERAKITAN

Dalam proses perencanaan dan pembuatan turbin angin tipe vertikal, untuk menghasilkan daya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga sebaiknya didasarkan dari beberapa faktor-faktor yang mendukung efektifitas daya yang dihasilkan turbin tersebut, yaitu:

- a. Dimensi Turbin (Panjang dan Lebar Sudu)
- b. Kekuatan Bahan Poros
- c. Bantalan Poros
- d. Roda Gigi
- e. Generator

Dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan diatas, hal yang mendasari dalam pembuatan turbin angin ini adalah besarnya kecepatan angin. Untuk pembuatan turbinnya dengan gambar kerja sebagai berikut:



Keterangan:

1. Dimensi Turbin
2. Kekuatan Poros
3. Bantalan poros
4. Roda Gigi
5. Generator

Gambar 3.1 Desain Turbin

3.1 Proses Perencanaan

3.1.1 Dimensi Turbin

Untuk mendesain sebuah turbin, turbin harus memiliki jenis dan dimensi, untuk menentukan jenis turbin yang digunakan dihitung berdasarkan kecepatan angin pada kondisi sekitar.

3.1.1.1 Menentukan Dimensi Turbin Angin

Dimensi dari turbin angin dapat dicari dengan mengasumsikan daya yang dihasilkan dengan kecepatan angin yang terjadi disekitar kita. Dengan rumus daya (P) pada turbin angin sebagai berikut:

$$P = C_{pr} \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (3.1)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 94)

3.1.1.2 Menentukan Rotor Power Coefficient (C_{pr})

Rotor Power Coefficient, koefisien daya akan dihitung dengan menggunakan teori *strip* untuk rasio kecepatan rotor tertentu. Ini memberikan koefisien daya rotor untuk kecepatan angin yang berbeda pada

kecepatan rotor tetap atau untuk kecepatan rotor yang berbeda pada satu kecepatan angin.

$$C_{pr} = \lambda C_q \quad (3.2)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 99)

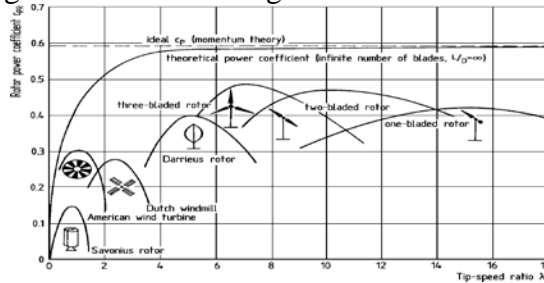
3.1.1.3 Menentukan *Tip Speed Ratio* (TSR)

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v} \quad (3.3)$$

(Eric Hau, Wind Turbines Fundamentals 2005 : 94)

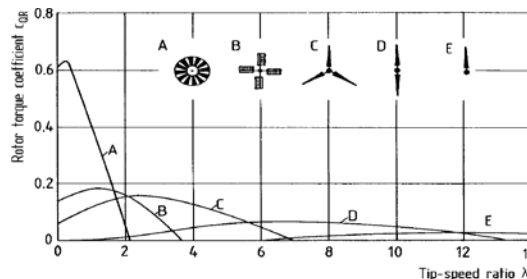
Grafik berikut menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya (C_p) untuk berbagai macam turbin angin.



Gambar 3.2 Hubungan Antara C_{pr} dan TSR

3.1.1.4 Menentukan *Rotor Torque Coefficient* (C_q)

Rotor Torque Coefficient (C_q) adalah torsi yang dihasilkan oleh rotor turbin yang digunakan untuk menghitung *Rotor Power Coefficient* (C_{pr}). *Rotor Torque Coefficient* (C_q) dapat dicari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 3.3 Koefisien Rotor Dari Beberapa Turbin Angin

3.1.2 Kekuatan Poros Turbin

Elemen mesin ini adalah bagian yang sangat penting, selain poros berfungsi sebagai tempat kedudukan sudu, poros juga berfungsi sebagai alat penghubung utama terjadinya perubahan energi, dari energi kinetik menjadi energi listrik yang sebelumnya melalui generator.

Berdasarkan jenis turbin ini, maka poros dipasang secara vertikal sehingga mendapat beban puntir lebih besar.

Perhitungan diameter poros:

$$Pd = f_c P \quad (3.4)$$

$$T = 9,74 \times 10^{\frac{5Pd}{n}} \quad (3.5)$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (3.6)$$

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right)^{1/3} \quad (3.7)$$

(Sularso, Kiyokatsu 1983:7)

3.1.3 Bantalan Poros Turbin

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros beban, sehingga putaran atau gerak bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang. (Sularso, 1983)

Perhitungan perencanaan bantalan:

$$P = \frac{W}{ld} \quad (3.8)$$

$$\frac{l}{d} \leq \sqrt{\frac{1}{5,1} \frac{\sigma_a}{Pa}} \quad (3.9)$$

$$V = \pi d \frac{n}{60 \times 1000} \quad (3.10)$$

(Sularso, Kiyokatsu 1983:110)

3.1.4 Roda Gigi

Guna mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat maka penerusan daya menggunakan roda gigi. Untuk menaikkan putaran dari poros turbin maka digunakan roda gigi lurus (*spur gear*).

3.1.4.1 Perencanaan Pasangan Roda Gigi

Dari hasil perencanaan angka transmisi dapat ditentukan putaran roda gigi *pinion*, bila putaran kurang dari 3600 Rpm, maka berlaku persamaan:

$$rv = \frac{N_{tp}}{N_{tg}} \quad (3.11)$$

(Machine Design 2005:525)

3.1.4.2 Penentuan Sudut Tekan (θ)

Sudut tekan (θ) yang umum digunakan adalah sebesar 20° atau 25° . Setelah ditentukan jumlah gigi dan sudut tekan (θ). Dapat ditentukan faktor *lewis* (Y_p dan Y_g) yang dapat dilihat pada tabel (*Values for Lewis Form Factor*).

3.1.4.3 Perhitungan Torsi

Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = F_t \frac{d_p}{2} \quad (3.12)$$

(Machine Design 2005:542)

Sehingga dari harga-harga tersebut bila disubstitusikan ke dalam persamaan:

$$T = \frac{hp \times 63.000}{n} \quad (3.13)$$

(Machine Design 2005:542)

3.1.4.4 Penentuan Diameter *Pitch Line*

Dengan mengasumsikan nilai P , diameter *pitch line* dapat ditentukan dari persamaan:

$$P = \frac{Nt}{d} \quad (3.14)$$

(Machine Design 2005:521)

3.1.4.5 Perhitungan Kecepatan Pitch Line

Setelah mendapatkan nilai diameter *pitch line*, kecepatan *pitch line* dapat dihitung dari persamaan:

$$V_p = \frac{\pi d_p n}{12} \quad (3.15)$$

(Machine Design 2005:542)

3.1.4.6 Perhitungan Gaya-gaya Yang bekerja

Besarnya gaya dinamik dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_d = \frac{600 + V_p}{600} F_t \text{ untuk } 0 < V_p < 2000 \text{ ft/min} \quad (3.16)$$

$$F_d = \frac{1200 + V_p}{1200} F_t \text{ untuk } 2000 < V_p < 4000 \text{ ft/min} \quad (3.17)$$

$$F_d = \frac{78 + V_p}{78} F_t \text{ untuk } V_p > 4000 \text{ ft/min} \quad (3.18)$$

(Machine Design 2005:582)

Dengan melihat konsentrasi tegangan, diperoleh persamaan gaya bending:

$$F_b = S b \frac{Y}{p} \quad (3.19)$$

(Machine Design 2005:551)

Sedangkan beban keausan ijin dapat dicari dari persamaan:

$$F_d = d_p b Q K \quad (3.20)$$

$$Q = \frac{2 N t_g}{N t_p + N t_g} \quad (3.21)$$

$$\text{Sedangkan untuk syarat aman adalah } \frac{9}{p} \leq B \leq \frac{13}{p} \quad (3.22)$$

(Machine Design 2005:584)

3.1.4.7 Perhitungan Module (m)

Module adalah perbandingan antara diameter pitch dengan jumlah roda gigi.

$$m = \frac{D}{T} \quad (3.23)$$

(R.S. Khurmi 1982:987)

3.2 Perhitungan Pembuatan Turbin Angin

3.2.1 Perhitungan Luasan Sudu Turbin

Diketahui:

$$P = 200 \text{ watt}$$

$$v = 6,3 \text{ m/s}$$

$$n = 40 \text{ rpm (asumsi)}$$