

BAB XII

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Jenis Turbin

- | | |
|---|-----------------------------------|
| a. Tipe | : Turbin Francis kecepatan rendah |
| b. Head | : 143,5 m |
| c. Debit | : 2,125 m ³ /s |
| d. Kecepatan spesifik dinamis (n_s) | : 100,94 rpm |
| e. Kecepatan spesifik kinematis (n_q) | : 35,16 rpm |
| f. Kecepatan putar poros | : 1000 rpm |
| g. Daya turbin | : 2512,42 kW |
| h. Efisiensi turbin | : 84% |
| i. Jumlah kutub generator | : 6 kutub |
| j. Tipe poros | : Horizontal |

2. *Runner* Turbin

- | | |
|--|--------------------|
| a. Diameter inlet (D_1) | : 700 mm |
| b. Diameter outlet sisi dalam (D_{2i}) | : 385 mm |
| c. Diameter outlet sisi luar (D_{2a}) | : 588 mm |
| d. Lebar sisi masuk (b_1) | : 106,6 mm |
| e. Jumlah sudu <i>runner</i> (Z) | : 16 sudu |
| f. Tebal sudu <i>runner</i> (s_{min}) | : 8,5 mm |
| g. Diameter hub (d_h) | : 203 mm |
| h. Diameter hub belakang (d'_h) | : 217,5 mm |
| i. Sudut sudu inlet <i>runner</i> | : 66,8° |
| j. Sudut sudu outlet <i>runner</i> dalam | : 27,76° |
| k. Sudut sudu outlet <i>runner</i> luar | : 19,02° |
| l. Berat | : 227,62 kg |
| m. Material | : ASTM A743 CA-6NM |

3. *Turbine Casing*

- a. Tipe : *Spiral Casing (closed type)*
- b. Tebal dinding *spiral casing* : 6 mm
- c. Tekanan didalam *Spiral casing* : 0,143 kg/mm²
- d. Material : ASTM A284 Grade C

4. *Guide Vane*

- a. Jumlah sudu *guide vane* : 15 sudu
- b. Sudut maksimum beban puncak : 18,5°
- c. Diameter peletakkan : 829 mm
- d. Panjang *chord* : 210 mm
- e. Posisi lubang poros : 105 mm
- f. Diameter poros *guide vane* : 30 mm
- g. Tekanan yang dialami : 1.407.519,18 N/m²
- h. Kecepatan aliran keluar : 9,61 m/s
- i. Profil *airfoil* : NACA 0020
- j. Material : ASTM A743 Grade CA6NM
- k. Kontrol : governor
- l. Aktuator : *regulating rod by oil hydraulic*

5. *Draft Tube*

- a. Tipe : *elbow draft tube*
- b. Sudut konis : 4°
- c. Inlet diameter : 588 mm
- d. Outlet diameter : 1.176 mm
- e. Panjang : 3.725 mm
- f. Ketinggian desain maksimum : 5.476 mm
- g. Efisiensi : 77,6 %
- h. Tebal dinding *draft tube* : 6 mm
- i. Tekanan didalam *draft tube* : 0,143 kg/mm²
- j. Material : ASTM A284 Grade C

6. Poros

- a. Jenis : bertingkat
- b. Diameter minimum : 145 mm
- c. Berat : 226,4 kg
- d. Tegangan geser max. : 6,2 kg/mm²
- e. Defleksi puntiran : 0,284^o/meter poros
- f. Defleksi lengkung max. : 0,0327 mm
- g. Pertambahan panjang : 0,022 mm
- h. Panjang antara bantalan : 600 mm
- i. Putaran kritis : 5.233 rpm
- j. Material : AISI 4340

7. Pasak

- a. Dimensi ($w \times t \times l$) : (36,25 × 36,25 × 220) mm
- b. Bahan : AISI 1006 *cold drawn bar*
- c. Jumlah pasak : 1 buah
- d. Tipe : *Square sunk key*

8. *Flange coupling* dan baut penyambungannya

- a. Tipe : *welded flanged*
- b. Diameter (D_1) : 195 mm
- c. Lebar *flange* : 87 mm
- d. *Bolt circle* diameter (K) : 240 mm
- e. *Bolt hole* diameter (d_3) : 35 mm (M-35)
- f. Jumlah baut : 6
- g. Tegangan geser *flange* : 0,94 kg/mm²
- h. Tegangan geser baut : 3,53 kg/mm²
- i. Material *flange* : AISI 4340
- j. Standard baut : ASTM A193, Grade B5
- k. Material baut : AISI 501

9. Baut Pengunci *Runner*

- a. Diameter baut : 24 mm (M-24)
- b. Grade mark : L43
- c. Standard : ASTM A320 Grade L43
- d. Material : AISI 4340

10. *Flange* dan Baut Penyambung *Draft Tube*

- a. Material *flange* : ASTM A284 grade C
- b. Ketebalan *flange* : 25 mm dan 12,5 mm
- c. Standard : SAE J429 Grade 1
- d. Material : *Low or Medium Carbon Steel*
- e. Ukuran : M-16 dan M-24
- f. Jumlah baut : 8 (M-24) dan 16 (M-16)
- g. Yield strength : $36.000 \text{ psi} \times 7,031 \times 10^{-4} = 25,31 \text{ kg/mm}^2$
- h. Ultimate strength : $60.000 \text{ psi} \times 7,031 \times 10^{-4} = 42,2 \text{ kg/mm}^2$

11. Bantalan terdekat dengan *runner*

- a. Jenis : *Spherical Roller Thrust Bearing*
- b. Nomor seri SKF : 29332 E
- c. d (diameter dalam) : 160 mm
- d. D (diameter luar) : 270 mm
- e. H (tebal) : 67 mm
- f. C (konstanta dynamic load) : 1180 kN
- g. Co (konstanta static load) : 3450 kN
- h. P_u (fatigue load limit) : 375 kN
- i. A (minimum load factor) : 1,1
- j. Beban dinamis (P) : 161,54 kN
- k. Beban statis (P_0) : 199,47 kN
- l. Beban aksial minimum : 20,18 kN
- m. Usia kerja bantalan : 37.813,17 jam (4,32 tahun)

12. Bantalan terjauh dengan *runner*

- | | |
|--|--|
| a. Jenis | : <i>Single Row Deep Groove Ball Bearing</i> |
| b. Nomor seri SKF | : 6032-2RS1 |
| c. d (diameter dalam) | : 160 mm |
| d. D (diameter luar) | : 240 mm |
| e. B (tebal) | : 38 mm |
| f. C (konstanta dynamic load) | : 143 kN |
| g. Co (konstanta static load) | : 143 kN |
| h. P _u (fatigue load limit) | : 4,3 kN |
| i. k _r | : 0,025 |
| j. f ₀ | : 16 |
| k. Beban dinamis (P) | : 2,995 kN |
| l. Beban statis (P ₀) | : 1,797 kN |
| m. Beban radial minimum | : 0,4 kN |
| n. Usia kerja bantalan | : 38.096,55 jam (4,35 tahun) |

B. Saran

Penulis menyadari bahwa masih banyak sekali kekurangan dalam perancangan turbin Francis dengan kapasitas 2 MW ini, terutama detail spesifikasi pada bagian-bagian tertentu dalam turbin Francis ini. Oleh karena sebab itu penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian-penelitian lanjut untuk meneliti secara spesifik dan mendetail untuk masing-masing komponen turbin Francis, seperti penelitian bentuk *runner*, *guide vane*, *draft tube*, maupun *spiral casing*. Hal ini dimaksudkan agar dimasa mendatang hasil penelitian-penelitian ini dapat dikumpulkan menjadi satu yang kemudian akan menghasilkan produk desain turbin Francis yang *aplicable*, rasional dan sempurna baik dari segi detail desain maupun proses *manufacturing*-nya.

Yang kedua, penulis menyarankan agar semua tulisan, formula, desain serta perhitungan dalam skripsi ini dapat dirangkum menjadi sebuah *software* perancangan turbin Francis, dimana *software* ini nantinya dapat mempermudah *designer* dalam merancang dimensi dan bentuk komponen-komponen utama turbin Francis hingga menjadi satu kesatuan bentuk turbin Francis yang utuh.