

ANALISIS PERFORMANSI TURBIN FRANCIS UNIT 1 KAPASITAS 22x4 MW DI PLTA PEUSANGAN 1&2 PT PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 2

Anggara Aditia¹, Nurlailani Nasution², Faisal Fahmi Hasan³

Teknik Konversi Energi^{1,2,3}, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

anggaraadit34@gmail.com¹, nurlailaninasution16@gmail.com², faisalhasan@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Turbin Francis adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengubah energi kinetik dan potensial dari aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerja Turbin Francis didasarkan pada konversi energi hidrokinetik dari aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Turbin ini menggunakan prinsip dasar hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah bentuknya. Dalam penelitian ini penulis melakukan observasi lapangan terhadap komponen-komponen Turbin Francis dan spesifikasi yang digunakan. Analisis performansi Turbin Francis melibatkan evaluasi berbagai aspek kinerja turbin dalam mengubah energi air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Dari analisis yang telah dilakukan didapat nilai dari *head* efektif sebesar 201,1785 m, daya turbin pada unit 1 sebesar 23,124 MW, Efisiensi turbin sebesar 93,77% dan putaran spesifiknya sebesar 39,908 rpm

Kata Kunci : Performansi, Turbin Francis, Efisiensi, *Penstock*

PENDAHULUAN

Energi air merupakan sumber energi yang murah dan relative mudah didapatkan, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Energi air pada dasarnya adalah sebuah kekuatan yang berasal dari energi air yang mengalir. Hal pertama yang perlu diketahui adalah tenaga air merupakan sumber energi bersih yang terbarukan dan tidak mencemari planet kita dengan emisi CO₂ yang berbahaya, tidak seperti pembakaran pada bahan bakar fosil. Meskipun tenaga air tidak menimbulkan polusi udara dan tidak berkontribusi pada masalah perubahan iklim seperti pada bahan bakar fosil, tenaga air tidak sepenuhnya merupakan sumber energi ramah lingkungan (zainal Arifin dkk, 2023).

Energi air dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai macam jenis energi yang bermanfaat bagi kehidupan masyarakat. Salah satu cara pemanfaatannya adalah dengan mengubah energi mekanik air menjadi energi listrik menggunakan turbin. Turbin adalah mesin yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik melalui *generator*. Prinsip dasar ini didasarkan pada teori *Michael Faraday* yang menyatakan bahwa aliran muatan listrik dapat diinduksi dengan memindahkan konduktor listrik dalam medan magnet.

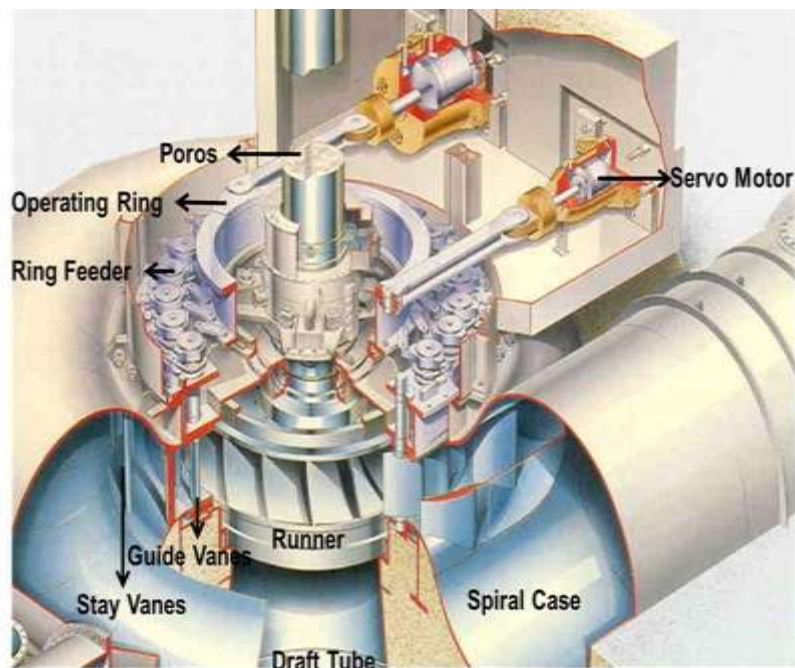
Air sebagai sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, menyimpan energi potensial (dari air jatuh) dan energi kinetik (dari air mengalir). Tenaga air (*hydropower*) memanfaatkan energi dari air yang mengalir untuk menghasilkan energi mekanis atau listrik, umumnya melalui kincir air atau turbin. Berbagai inovasi dalam pemanfaatan turbin telah dikembangkan untuk berbagai situasi dan kondisi alam. Dengan kapasitas besar, danau, waduk, dan laut dapat menghasilkan energi yang sangat besar. Sungai-sungai kecil juga memiliki potensi menghasilkan energi listrik melalui turbin berkapasitas lebih kecil (La Ode dkk, 2023).

TINJAUAN PUSTAKA

Turbin Francis

Pengertian turbin francis adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengubah energi kinetik dan potensial dari aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Turbin ini dinamai dari James B. Francis, seorang insinyur Amerika yang pertama kali mengembangkannya pada abad ke-19. Turbin francis merupakan salah satu jenis turbin air yang paling umum digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Prinsip kerja turbin ini didasarkan pada konversi energi hidrokinetik menjadi energi mekanik melalui sudu-sudu pada *runner*. Desain turbin francis memungkinkan operasi yang efisien pada rentang yang luas dan aliran air yang bervariasi. Turbin francis biasanya digunakan dalam PLTA skala besar maupun kecil di seluruh dunia.

Analisis performansi turbin francis melibatkan evaluasi berbagai aspek kinerja turbin ini dalam mengubah energi air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.



Gambar 1. Turbin Francis
Sumber: mochandik, 2015

Prinsip Kerja Turbin Francis

Prinsip kerja turbin francis didasarkan pada konversi energi hidrokinetik dari aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Turbin ini menggunakan prinsip dasar hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah bentuknya.

Proses dimulai ketika air dialirkan melalui *spiral casing* dan masuk ke dalam *runner* turbin. *Runner* merupakan bagian terpenting dari turbin francis, yang terdiri dari sudu-sudu yang dipasang di sekelilingnya. Ketika air mengalir melalui sudu-sudu *runner*, energi kinetik air menggerakkan sudu-sudu tersebut, sehingga memberikan gaya pada *runner*. Gaya ini mengakibatkan *runner* berputar pada porosnya.

Ketika *runner* berputar, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanik pada poros. Poros turbin kemudian terhubung dengan generator, yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Dengan demikian, energi potensial dan kinetik dari aliran air diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh sistem kelistrikan.

Bagian-Bagian Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian luar.

Turbin ini mempunyai fasilitas bagian utama, yaitu:

- a) **Komponen Utama**
Pada turbin air PLTA PEUSANGAN merupakan jenis turbin francis vertikal memiliki fungsi yang sama-sama penting untuk pengoperasian turbin air ini. Berikut komponen-komponen utamanya:
 1. *Draft tube*
 2. *Spiral case and Stay ring*
 3. *Runner and labyrinth rings*
 4. *Turbine shaft*
 5. *Turbine shaft guide bearing*
 6. *Shaft sealing*
 7. *Guide apparatus*
 8. *Servomotor*
- b) **Komponen Pendukung**
 1. *Governor*
 2. *Generator*
 3. Katup masuk (*Inlet valve*)
 4. Sistem oli bertekanan (*Pressure oil supply system*)
 5. Sistem udara bertekanan (*Pressure air supply system*)
 6. Sistem pelumasan (*Lubrication system*)
 7. Sistem air pendingin (*Cooling water supply system*)
 8. Sistem pembuangan air (*Drainage system*)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PLTA PEUSANGAN 1&2 PT PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 2, Takengon, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam.

Parameter Pengukuran dan Pengamatan Penelitian

Parameter pengukuran yang dilakukan pada saat proses pengambilan data yaitu berupa Titik Jatuh Air (Potensial Air), Debit Fluida, Kecepatan Putar Turbin, Tekanan Fluida, Tekanan Fluida, Panjang dan Diameter *Penstock*. Sebagai tumpuan dalam mengetahui efisiensi Turbin tersebut.

Model Penelitian

Model penelitian yang dilakukan adalah analisis. Adapun analisis yang akan dilakukan adalah Performansi Turbin Francis Unit 1 Kapasitas 22x4 MW Di PLTA PEUSANGAN 1&2 PT PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 2.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data Penelitian

Untuk penelitian yang menggunakan metode kualitatif perlu dijelaskan pendekatan yang digunakan, proses pengumpulan dan analisis informasi, serta penafsiran dan penarikan kesimpulan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis performansi Turbin Francis biasanya meliputi evaluasi dan unjuk kerja pada Turbin Francis. Hasil analisis performansi Turbin Francis dapat memberikan pemahaman yang lebih baik dari kondisi Turbin Francis.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Francis

Rated Net head at the design point	H _{rated}	205.3	m
Discharge flow at the design point	Q	12.29	m ³ /s
Power rating at the design point	P	23.1	MW
Minimum Head	H _{min}	204.6	m
Maximum Head	H _{max}	212.7	m
Maximum discharge	Q _{max}	12.29	m ³ /s
Speed	N	600	rpm
Runaway speed	n _R	1011	rpm
Sense of rotation (as viewed from the generator)		Clockwise	
Elevation of installation (distributor)		958.0	m.a.a.l.
Maximum hydraulic axial thrust (operation)		400	kN
Runner diameter	D ₂	1200.3	mm
Number of runner blades	Z ₂	15	
Number of guide vanes	Z ₁	20	

Berikut ini adalah data pada PLTA Peusangan 1 unit 1 yang diambil dari data *manual book* PLTA Peusangan.

P_G : 22,5 MW

n : 600 rpm

Q : 12,5 m³/s

D_p : 3,2 to 1,3 m

z_1 : 1150 m

ρ : 1000 kg/m³

z_2 : 944,7 m

H_{act} : 205,3 m

D_1 : 1,5134 m

L : 735 m

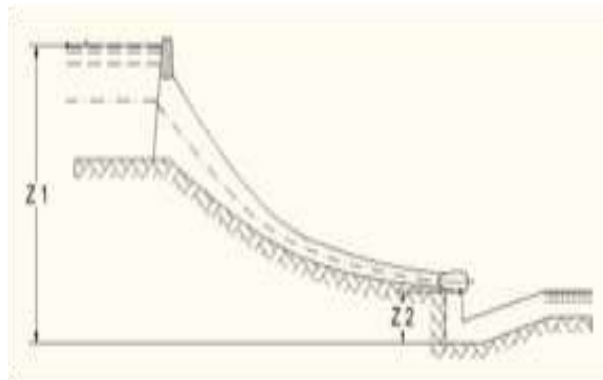
D_2 : 1,2 m

η_G : 97,30 %

p_1 : 0 N/m² (Tekanan air waduk)

p_2 : -4000 N/m² (Tekanan *Draft Tube*)

- *Head* Efektif



Gambar 2. Skema elevasi z_1 dan z_2
Sumber: anhar Khalid, 2016

Agar bisa menghitung *head* efektif maka diperlukan data kecepatan awal dan kecepatan akhir. Maka kecepatan tersebut diperoleh dari:

Perhitungan kecepatan:

$$v_1 = \left(\frac{Q_1}{A_1} \right) = \left(\frac{0}{\sim} \right) = 0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \left(\frac{Q_2}{A_2} \right) = \left(\frac{Q_2}{\left(\frac{\pi}{4} \right) D_p^2} \right) = \left(\frac{12,5}{\left(\frac{\pi}{4} \right) 1,3^2} \right) = 9,422 \text{ m/s}$$

catatan : - v_1 adalah kecepatan aliran pada daerah waduk

- v_2 adalah kecepatan aliran turbin

Perhitungan *head* efektif:

$$H_{eff} = \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} \right) + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \right) + (z_1 - z_2)$$

$$H_{eff} = \left(\frac{0 - (-4000)}{(1000)(9,81)} \right) + \left(\frac{0^2 - 9,422^2}{2(9,81)} \right) + (1150 - 944,7)$$

$$H_{eff} = 0,4077 - 4,5292 + 205,3$$

$$H_{eff} = 201,1785 \text{ m}$$

- Daya Hidrolik

Perhitungan daya hidroliknya ialah:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff}$$

$$P_h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 12,5 \cdot 201,1785$$

$$P_h = 24.669.513,562 \text{ W}$$

$$P_h = 24,66 \text{ MW}$$

- Daya Mekanik Turbin

Perhitungan daya mekanik turbin ialah:

$$P_m = \frac{P_G}{\eta_G}$$

$$P_m = \frac{22.500}{0,9730}$$

$$P_m = 23.124,357 \text{ kW}$$

$$P_m = 23,124 \text{ MW}$$

- Efisiensi Turbin

Perhitungan efisiensi turbin ialah:

$$\eta_T = \frac{P_m}{P_h} \times 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{23,124}{24,66} \times 100 \%$$

$$\eta_T = 93,77 \%$$

- Kecepatan Spesifik Turbin

Perhitungan kecepatan spesifik turbin ialah:

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$

$$n_q = 600 \frac{\sqrt{12,5}}{(201,1785)^{0,75}}$$

$$n_q = 39,908 \text{ rpm}$$

Pembahasan

Tabel 2. Hasil Analisis Turbin Francis Unit 1

Daya Mekanik Turbin	23,124 MW
Daya Hidrolik	24,66 MW
<i>Head</i> Efektif	201,1785 m
Efisiensi Turbin	93,77 %
Kecepatan Spesifik Turbin	39,908 rpm

Berdasarkan hasil analisis diatas nilai efisiensi turbin sebelum dilakukannya pengoperasian sebesar 93,77% dengan daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar 23,124 MW. Setelah dilakukan perhitungan analisis tersebut dapat menjadi acuan dan penilaian dari turbin untuk mengetahui kerusakan dan keausan pada turbin sehingga dapat dicegah untuk dapat meningkatkan kinerja turbin seperti dilakukannya perawatan untuk memeriksa kebocoran (*leakage*) pada pipa *oil*

servomotor dan *spiral case* pada turbin sebelum dilakukan pengoperasian. Menurut purwanto (2020) Turbin Francis dalam kondisi yang optimal memiliki nilai efisiensi sekitar 90-95% tergantung dari desain dan perawatan yang dilakukan untuk turbin itu sendiri.

SIMPULAN

Penelitian analisis performansi Turbin Francis unit 1 kapasitas 22x4 MW di PLTA peusangan 1&2 pt pln (persero) upp sumbagut 2 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: Prinsip kerja Turbin Francis didasarkan pada konversi energi hidrokinetik dari aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Analisis performansi Turbin Francis melibatkan evaluasi berbagai aspek kinerja turbin dalam mengubah energi air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Dari analisis yang telah dilakukan didapat nilai dari *head* efektif sebesar 201,1785 m, daya turbin pada unit 1 sebesar 23,124 MW, efisiensi turbin sebesar 93,77% dan putaran spesifiknya sebesar 39,908 rpm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan oleh Dr. Ir. Abdi Hanra Sebayang, S.T., M.T. IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan, Faisal Fahmi Hasan, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing peneliti serta kepada seluruh pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andritz Hydro.2013.*manual book operation and maintenance turbin francis PLTA Peusangan 1*. India.
- Arismunandar, Wiranto. 1997. *Penggerak Mula Turbi, Edisi Ke Dua Cetakan Ke Tiga*. Bandung: ITB.
- La Ode, dkk. 2023. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Bandung: Widina.
- Dietsel, Frits. 1996. *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta. Wiranto. 2004. *Penggerak Mula Turbin*, Bandung : Penerbit ITB.
- MUIS, Abdul. 2010.Turbin air pada PLTA Larona. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*. 7.1.
- PT PLN (PERSERO) UPP SUMBAGUT 2. *Profil Perusahaan*. Takengon: Leaflet Perusahaan.
- SAPUTRA, Obed Aris. 2018. *Analisa Pengaruh Diameter Sudu Pengarah Dan Debit Aliran Air Terhadap Performa Turbin Kaplan*. PhD Thesis. UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945.
- SETYADI, Wismanto,2016. et al. Analisis unjuk kerja turbin air pada pusat listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas 70 MW. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*. 3.3: 131-134.
- Vika Ristiplimin. 2021. *Analisis Performansi Turbin Air Unit 1 Kapasitas 41 MW di PLTA Renun*. Politeknik Negeri Medan.
- Wahyu K Sugandi, dkk. 2021. *Analisis Performansi Turbin Propeller Open Flume Tipe TC 60 Kapasitas 100-W Capacity to Discharge Change*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol, 10(2), 161-169.
- Zainal Arifin, dkk. 2023. *Energi Terbarukan*. Surakarta: UNS.