

Pengaruh Kerusakan Thrust Bearing Turbin Air Terhadap Suhu Unit 4 pada PLTA Maninjau

Rahmat Evan Rinaldo¹, La Ode M Firman²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

* Corresponding author: revanrinaldo31@gmail.com

Abstrak. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air adalah mengubah energi air menjadi energi mekanik kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Pada PLTA Maninjau terjadi peningkatan temperatur pada bantalan turbin unit 4 yaitu bantalan dorong yang menyebabkan penurunan kinerja turbin. Skripsi ini bertujuan untuk menemukan akar permasalahan yang menyebabkan naiknya temperatur bantalan dan mencari solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan untuk menentukan penyebab kerusakan adalah proses investigasi. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa kenaikan temperatur thrust bearing tidak disebabkan oleh laju aliran cairan pendingin. Dari hasil perpindahan panas diperoleh 39.1125 kW. Sebelum dilakukan overhaul temperatur thrust bearing mengalami peningkatan sebesar 79,37 C. Setelah overhaul temperatur thrust bearing kembali normal yaitu sebesar 65,33 C. Kenaikan temperatur juga dipengaruhi oleh gaya gesek yang terjadi antara thrust runner dan bantalan bantalan dorong, yang dapat menyebabkan bantalan bantalan dorong terkikis.

Kata kunci— *Thrust bearing, Flow rate, Overhaul, temperature rise, Friction force*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik pada zaman *modern* ini semakin lama semakin berkembang, tak memungkir di Indonesia. Kebutuhan tersebut yang membuat kinerja pembangkit listrik di Indonesia dituntut untuk selalu dalam kondisi yang optimal agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Pada sektor pembangkit listrik ini Indonesia masih memprioritaskan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) karena biayanya dianggap murah dan tidak merusak atau menimbulkan polusi dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Indonesia.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang dominan digunakan di Indonesia karena beberapa kelebihan yaitu dapat dioperasikan dengan tanpa menggunakan bahan bakar, dapat di bangun dengan kapasitas yang bervariasi, dapat dioperasikan dengan berbagai operasi pembebanan, dan kontinyuitas operasi dan umur pemakaian relatif lama.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dan potensial dari air untuk kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi itu bisa disebut sebagai hidroelektrik. Prinsip kerja PLTA ialah mengubah energi air (energi hidrolik) ke energi mekanik kemudian rubah menjadi energi listrik. Energi air ubah menjadi energi mekanik oleh turbin, kemudian disalurkan ke generator untuk ruubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang telah hasilkan selanjutnya dialirkan melalui sistem jaringan yang ada, sehingga pada akhirnya energi listrik tersebut sampai kepada konsumen.[1]

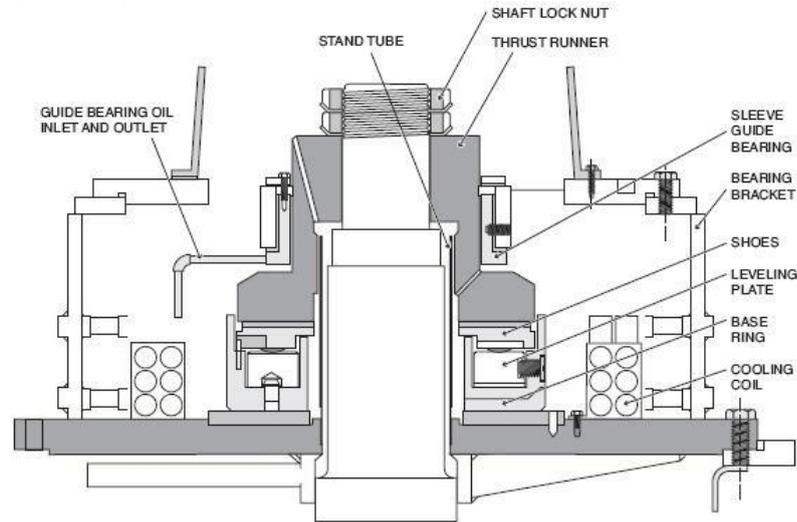
Pada PLTA Maninjau terjadi peningkatan suhu pada bagian *bearing* turbin unit 4, yaitu salah satunya *Thrust Bearing* yang mana menyebabkan penuruan performa dari turbin tersebut, dan terjadi kenaikan suhu. Maka dari itu di lakukan *overhaul* turbin unit 4 PLTA Maninjau.

Bearing merupakan suatu komponen mesin yang berguna sebagai membatasi gerak relatif antara dua maupun lebih komponen mesin supaya tetap bergerak pada arah yang diharapkan. *Bearing* membatasi poros agar tetap berputar terhadap sumbu porosnya, maupun juga membatasi suatu komponen yang bergerak linier supayatetap berada pada jalurnya. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros suatu mesin bekerjadengan optimal. [2]

Thrust bearing merupakan bearing yang di buat sebagai menahan beban horizontal yang paralel dengan sumbu poros horizontal. *Thrust Bearing* memiliki tipe yaitu, *Kingsbury Thrust Bearing*, *Tapered Land Bearing* dan *Thrust Washer/Plate.*, *Kingsbury thrust bearing* merupakan *Thrust Bearing* yang dilengkapi dengan tilting pad (bantalan mining). Bearing ini mempunyai komponen bergerak (disebut *Thrust Runner*—berbentuk *collar* pada *shaft*) dan komponen diam (terdiri atas segmen-segmen miring yang memiliki sumbu/*pivoted*).[3]

Saat bearing beroperasi, segmen-segmen tersebut akan miring menyebabkan terjadinya aliran pelumas. Pelumasan bekerja pada segmen-segmen *bearing* dan *collar*. Segmen-segmen tersebut

menyebabkan pemikulan gaya yang lebih berat disebabkan adanya penyaluran oli yang lebih optimal pada bidang kontak. Selain itu segmen-segmen itu bertumpu di pelat-pelat perata yang akan meratakan gaya pada masing-masing segmen bearing sehingga menjamin tidak adanya satu segmen yang berlebihan beban (*overload*).



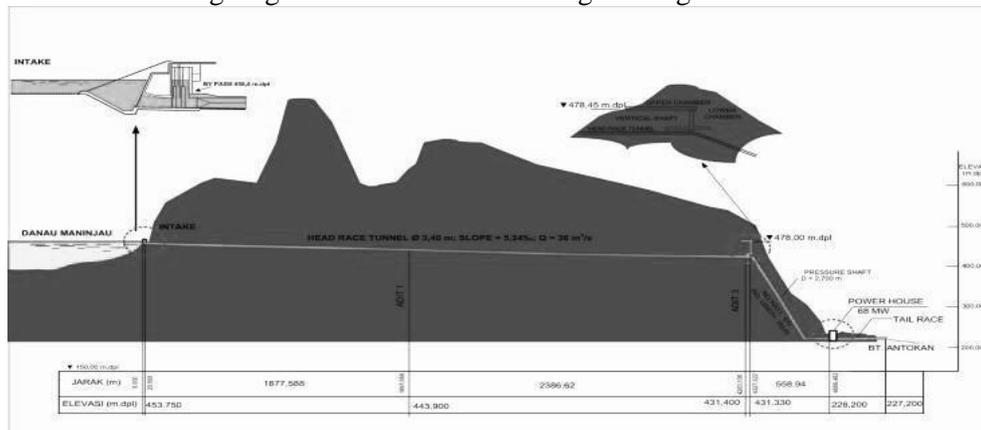
Gambar 1 Thrust bearing kingsbury

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengumpulkandata-data di peroleh dengan cara yaitu pengamatan tidak langsung berbentuk informasi dan keterangan yang perolehdari buku dan internet,serta mendapat penjelasan mengenai PLTA, setelah itu pengamatan langsung (*Observation Methode*) di kawasan turbin PLTA, khususnya pada bagian turbin air dan generator PLTA, diskusi (wawancara) secara langsung atau tanya jawab dengan pegawai pemeliharaan bagian turbin peri hal siklus pada PLTA maninjau,penyebab kenaikan suhu *thrust bearing*, data suhu *thrust bearing*, dan beberapa pertanyaan lainnya, dan melakukan studi literatur yang memiliki hubungannya dengan materi yang diteliti antara lain buku – buku perpustakaan, jurnal penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana tujuan dari PLTA Maninjau adalah untuk menyediakan tenaga listrik dengan sumber daya berasal dari air danau Maninjau tentunya hal ini melalui beberapa proses sebelum akhirnya menghasilkan tenaga listrik. Beberapa proses tersebut diawali dengan air dari danau maninjau dengan ketinggian 453,7 mdpl masuk melalui *intake* pada hulu saluran pipa *head race tunnel*, *head race tunnel* memiliki panjang pipa 4.264,1 meter dan diameter pipa 3,4 meter, pada hilir pipa *head race tunnel* air dijatuhkan 60° ke bawah melalui pipa pesat (penstok) yang berdiameter 2,7 meter, setelah itu air masuk melalui *main inlet valve* yaitu katup masuk air ke turbin, selanjutnya air masuk melalui *spiral case* dan akan diarahkan oleh *guide vane* ke sudu-sudu turbin, air yang telah melewati sudu turbin maka akan jatuh ke draft tube dan langsung ke tail race untuk dibuang ke sungai.



Gambar 2. Jarak dan ketinggian PLTA Maninjau

Air yang membentur turbin menghasilkan energi mekanik yang mana menggerakkan turbin, dari gerakan putar turbin disambungkan ke generator melalui poros turbin, untuk menahan putaran turbin agar tetap dijaluinya maka di berikan beberapa *bearing* atau bantalan yaitu Turbin *bearing*, *Lower bearing*, *Thrust bearing*, dan *Upper bearing*.

Fungsi *bearing* untuk menjaga gerak relatif antara dua maupun lebih elemen mesin supaya tetap berputar ke arah yang diinginkan. *Bearing* membatasi poros agar tetap bergerak terhadap sumbu porosnya, maupun juga membatasi suatu elemen yang bergerak linier agar tetap berada di jalurnya. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros suatu mesin bekerja dengan maksimal.[4].

Untuk menghindari terjadinya gesekan pada *thrust bearing* perlu dilakukan penelitian mengenai penyebab terjadinya kerusakan *thrust bearing* sehingga diperlukan data untuk menganalisa kerusakan *thrust bearing* ini.

Hasil data rata-rata harian selama 1 (satu) minggu sebelum overhaul (25 - 31 Desember 2020).

Tabel 1 Data rata-rata harian 1 minggu sebelum overhaul

	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Rerata
Rata-rata suhu°C	79	79.25	79.25	81.5	80.6	78	78	79.37
Batas alarm°C	65	65	65	65	65	65	65	65
Batas trip°C	70	70	70	70	70	70	70	70

Pada data di atas terlihat peningkatan suhu dari *thrust bearing* yang sudah melewati batas sesuai perosedur, sehingga dilakukan langkah *overhaul* (perbaikan), kenaikan suhu tersebut di sebabkan gesekan antara *thrust runner* dengan pad *thrust bearing* sehingga pad *thrust bearing* terkikis.



Gambar 3. Pad thrust bearing (terkikis)

Hasil data rata-rata harian selama 1 (satu) minggu sesudah overhaul (18 – 24 Maret 2021).

Tabel 2 Data rata-rata harian 1 minggu sesudah overhaul

	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Rerata
Rata-rata suhu°C	65	65	65	64.3	66	66	66	65.33
Batas alarm°C	65	65	65	65	65	65	65	65
Batas trip°C	70	70	70	70	70	70	70	70

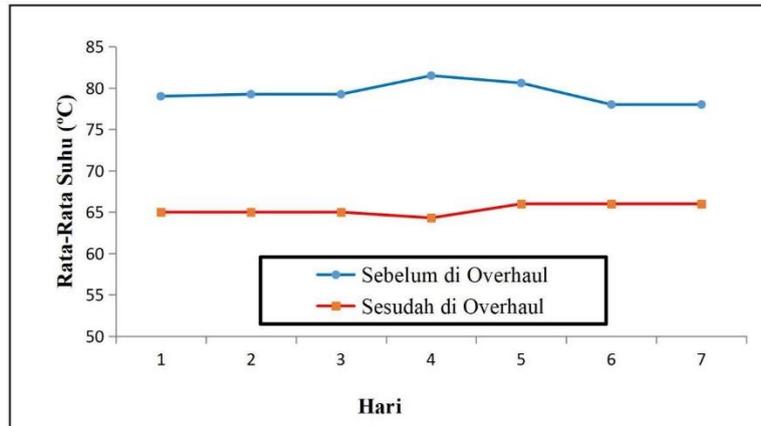
Perbandingan Suhu Sebelum Dan Sesudah Di Overhaul

Tabel 3 Data perbandingan suhu thrust bearing sebelum dan sesudah di overhaul

Hari	Sebelum di Overhaul (°C)	Sesudah di Overhaul (°C)
1	79	65
2	79.25	65
3	79.25	65
4	81.5	64.3
5	80.6	66
6	78	66
7	78	66
Rata-Rata	79.37	65.33

Nilai selisih penurunan suhu thrust bearing sebelum di overhaul dan sesudah di overhaul.

$$\begin{aligned} \text{Selisih penurunan suhu} &= \text{Suhu sebelum di overhaul} - \text{Suhu sesudah di overhaul} \\ &= 79.37 - 65.33 \\ &= 14.04 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$



Gambar 4. Grafik perbandingan suhu sebelum dan sesudah di overhaul

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sebelum dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* mengalami peningkatan melebihi batas trip-nya dengan rata-rata suhunya sebesar 79,37 °C. Maka perlu adanya dilakukan *overhaul* untuk kembali menormalkan suhu *thrust bearing*. Setelah dilakukan overhaul suhu *thrust bearing* kembali kedalam keadaan normal atau kembali ke batas alarm-nya dengan rata-rata suhunya sebesar 65,33 °C.

Overhaul perlu dilakukan apabila suhu *thrust bearing* atau bagian-bagian lainnya sudah melebihi dari batas wajarnya. Akibat dari kenaikan suhu ini *thrust bearing* mengalami pengikisan akibat dari adanya pengaruh gesekan yang terjadi.

Perhitungan Panas Yang Timbul Akibat Gesekan Axial Thrust Bearing

Panas yang timbul akibat gesekan axial thrust bearing dapat dijelaskan dalam rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Gaya tekan Axial (F)} &= 412.020 \text{ N} \\ \text{Diameter poros (d)} &= 800 \text{ mm} = 0,8 \text{ m} \\ \text{Clearance (c1) saat ini} &= \text{Clearance design} - \text{simpangan} \\ &= 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ mm} = 0,0002 \text{ m} \\ \text{Clearance (c2) design} &= 0,3 \text{ mm} = 0,0003 \text{ m} \\ \text{Viscosity SAE 10 @650C (Z)} &= 0,012 \text{ kg/ms} \\ \text{Putaran poros (n)} &= 600 \text{ rpm} \\ \text{Faktor koreksi (k)} &= 0,002 \end{aligned}$$

Besar tekanan axial pada bantalan

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{412020 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (0,8)^2} = 820.103,5 \text{ N/m}^2$$

Kecepatan keliling bantalan

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 0,8 \cdot 600}{60 \cdot 1000} = 0,02512 \text{ m/detik}$$

Koefisien gesek clearance 0,2 mm

$$\mu_1 = \frac{33}{10^3} \left[\frac{Z \cdot n}{p} \right] \left[\frac{d}{c^1} \right] + k \quad \mu_1 = \frac{33}{10^3} \left[\frac{0,012 \cdot 600}{820.103,5} \right] \left[\frac{0,8}{0,0002} \right] + 0,002 = 0,00316$$

Energi panas yang dapat dihasilkan 0,2 mm

$$H_{G1} = \mu_1 \cdot F \cdot v = 0,00316 \cdot 412020 \cdot 0,02512 = 32,706 \text{ Watt} = 0,032706 \text{ kW}$$

Koefisien gesek clearance 0,3 mm

$$\mu_2 = \frac{33}{10^3} \left[\frac{Z \cdot n}{p} \right] \left[\frac{d}{c^2} \right] + k \quad \mu_2 = \frac{33}{10^3} \left[\frac{0,012 \cdot 600}{820.103,5} \right] \left[\frac{0,8}{0,0003} \right] + 0,002 = 0,00277$$

Energi panas yang dapat dihasilkan 0,3

$$\begin{aligned} H_{G2} &= \mu_2 \cdot F \cdot v \\ &= 0,00277 \cdot 412020 \cdot 0,02512 \\ &= 28,669 \text{ Watt} \\ &= 0,028669 \text{ kW} \end{aligned}$$

Koefisien gesek

$$\mu = \mu_1 - \mu_2 = 0,00316 - 0,00277 = 0,00039$$

Energi panas yang dihasilkan

$$H_G = H_{G2} - H_{G1} = 0,028669 - 0,032706 = -0,004037 \text{ kW}$$

4. KESIMPULAN

Sebelum dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* mengalami peningkatan suhu diatas batas trip-nya dengan rata-rata 79,37 °C, dan setelah dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* kembali dalam keadaan normal suhu alarm-nya dengan suhu rata-rata 65,33 °C. Terjadinya kenaikan suhu juga dipengaruhi oleh adanya gaya gesekan yang terjadi antara *thrust runner* dengan pad *thrust bearing* sehingga dapat menyebabkan pad *thrust bearing* terkikis. Besar tekanan *axial thrust bearing* yang dihasilkan yaitu 0,82 N/mm². Pada nilai *clearance* (c) saat ini (0,0002 m) atau sebelum dilakukannya *overhaul* didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,00316 dan energi panas yang didapatkanebesar 0,032706 kW, dan Pada nilai *clearance* (c) *design* (0,0003 m) atau setelah dilakukannya *overhaul* didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,00277 dan energi panas yang didapatkanebesar 0,028669 kW.

5. REFERENSI

- [1] T. J. Pramono and A. Maskus, "J. Pendidik. Fis., vol. 8, no. 11, p. 8, 1967.
- [2] N. Yuniarti and E. Prianto, "Pengantar Pembangkit Tenaga Litrik," *Staff Site Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 87, 2010.
- [3] D. L. Fay, "Analisis kenaikan temperatur pada bantalan penyangga radial (turbineguide bearing) di unit 4 plta maninjau," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11)*, 951-952., vol. 3, no. 1, pp. 21-27, 1967.
- [4] N. Yuniarti and E. Prianto, "Pengantar Pembangkit Tenaga Litrik," *Staff Site Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 87, 2010.