

An Investigation of Thrust Bearing Temperature Rise in Unit 2 Koto Panjang Hydropower Plant

Muhammad Fadhlurrahman 'Arif Muttaqien¹, Frans Boyce Patiharauw², and Dedy Masnur^{1,*}

¹) Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

²) ULPLTA Koto Panjang, Kampar District, Riau, Indonesia

ABSTRACT – Turbines and generators are the main components of hydropower plant that are supported by several bearings, one of them is the thrust bearing. Thrust bearing unit 2 experienced a temperature rise that exceeded the alarm limit (77°C). This study aims to investigate the temperature rise and provide a solution. The investigation was conducted by visual observation; collating temperature and oil flow rate data; and reviewing the hydropower design. The results showed that the temperature rise was attributed to air (oil vapor) trapped in the lubricant circulation system. Therefore, the lubricant circulation system was modified by adding a pipe to the stay ring as an outlet for trapped lubricant vapor. This measure effectively normalized the thrust bearing temperature and flow rate.

Riwayat Artikel:
Diterima: 28 Februari 2024
Direvisi: 29 Februari 2024
Disetujui: 29 Februari 2024

KEYWORDS: *thrust bearing, hydropower plant, temperature rise*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Koto Panjang didirikan pada tahun 1997 [1]. PLTA ini merupakan pembangkit listrik yang menyediakan listrik di wilayah Kota Pekanbaru, Kabupaten Kampar, dan Payakumbuh. PLTA ini memiliki beberapa komponen utama dalam operasinya salah satunya adalah *powerhouse* atau berupa turbin dan generator. Turbin dan generator ini ditumpu oleh beberapa *bearing*, yaitu *upper guide bearing*, *lower guide bearing*, *thrust bearing*, dan *turbine guide bearing*. *Thrust bearing* berfungsi untuk menumpu beban dari arah aksial turbin dan generator. *Thrust bearing* merupakan komponen yang memiliki tugas paling berat diantara *bearing* lainnya karena *bearing* menumpu seluruh massa dari turbin dan generator [2].

Thrust bearing merupakan elemen mesin yang menumpu beban horisontal yang paralel dengan sumbu poros horisontal. *Thrust bearing* memungkinkan gerak relatif antara permukaan kontak, sambil menahan beban. Gerakan relatif antar permukaan kontak menyebabkan terbuangnya sejumlah daya untuk mengatasi hambatan gesekan (*frictional resistance*) dan jika permukaan yang bergesekan bersentuhan langsung akan terjadi keausan yang cepat. Jenis bantalan seperti itu terutama digunakan pada turbin dan poros *propeller*. Bantalan dorong terdiri dari dua jenis berikut: *foot step* atau *pivot bearing*, dan *collar bearing* [3]. Bagian-bagian tersebut akan miring menyebabkan terjadinya aliran pelumas saat *bearing* beroperasi. Penumpuan gaya lebih optimal jika adanya penyaluran oli.

Thrust bearing unit 2 Unit Layanan PLTA Koto Panjang dalam beberapa bulan belakangan ini khususnya pada bulan Juli 2023 sering mengalami kenaikan temperatur yang melebihi batas *alarm* dan mendekati batas *trip* (77°C dan 80°C). Peningkatan temperatur pada *thrust bearing* disebabkan oleh gaya gesekan yang berlebihan antara *thrust runner* dan pad *thrust bearing* [4], kurang baiknya sistem sirkulasi pelumas [5], instalasi *bearing* yang buruk, *clearance* antara *shaft* dan *bearing* yang terlalu kecil [6], [7], ketidak sejajaran dan manajemen perawatan yang buruk [8]. Peningkatan temperatur *Thrust bearing* disebabkan oleh hal yang beragam sehingga diperlukan investigasi untuk mengetahui penyebabnya. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penyebab kenaikan temperatur dan melakukan modifikasi yang diperlukan untuk pencegahan kenaikan temperatur *thrust bearing* unit 2 Unit Layanan PLTA Koto Panjang.

2. METODOLOGI

Penelitian dimulai dengan melakukan beberapa pendekatan: pengumpulan data teknis yang diperoleh dari buku referensi, pengambilan data pengawasan temperatur *thrust bearing* saat terjadi kenaikan, data *flow rate* oli *thrust bearing*, desain pembangkit, pengamatan visual objek (*thrust bearing*), diskusi (wawancara) dengan pegawai bagian pemeliharaan PLTA. Data-data tersebut analisis untuk menentukan penyebab terjadinya kenaikan temperatur dan tindakan perbaikan.

*Corresponding author: dedy.masnur@lecturer.unri.ac.id

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data teknis turbin dan generator Unit Layanan PLTA Koto Panjang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data Teknis Generator

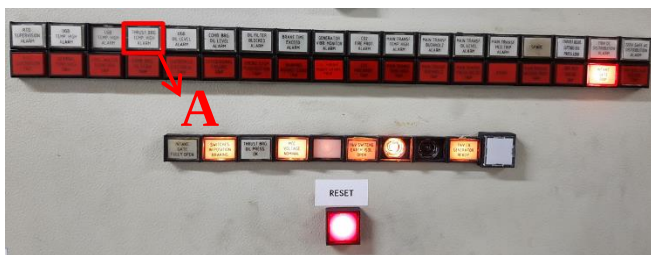
Bagian	Keterangan
Tipe	Semi Payung
Daya	5 MVA
Tegangan	11 kV ($\pm 5\%$)
Frekuensi	50 Hz
Kutub	15 Pasang
Arus	2632 A
Faktor Daya	0.85 <i>lagging</i>
Eksitasi Tegangan	216 V
Eksitasi Arus	876 A

Tabel 2 Data Teknis Turbin

Bagian	Keterangan
Tipe	<i>Fully regulated Kaplan</i>
Putaran	200 rpm
Head	38.1 m
Daya Max	39.4 MW
Diameter runner	3900 m
Guide Vane	25 buah
Runner Blade	5 buah

Temperatur normal operasi dari *thrust bearing* yaitu di bawah 77 °C. Temperatur tersebut dibatasi dengan batas *alarm* dan *trip* pada 77 °C dan 80 °C.

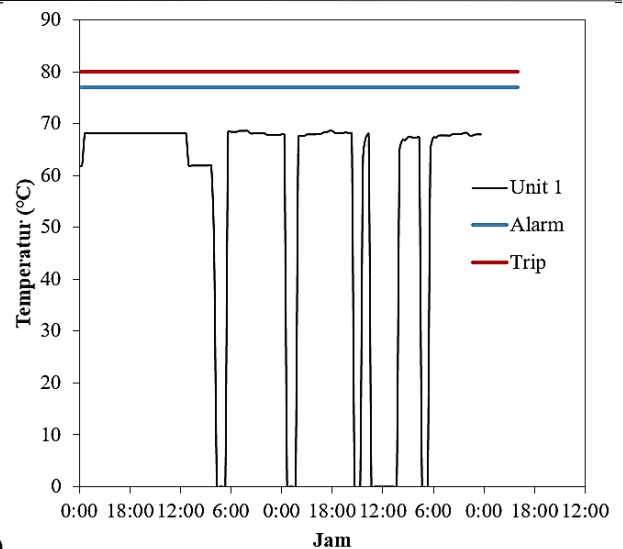
Kenaikan temperatur *thrust bearing* unit 2 terjadi pada tanggal 6 Juli 2023 pada pukul 00.00 yang diindikasikan dengan menyalnya lampu tanda peringatan (A) (Gambar 1). Unit dihentikan operasinya pada pukul 09.00 untuk dilakukan pengecekan temperatur *thrust bearing*.



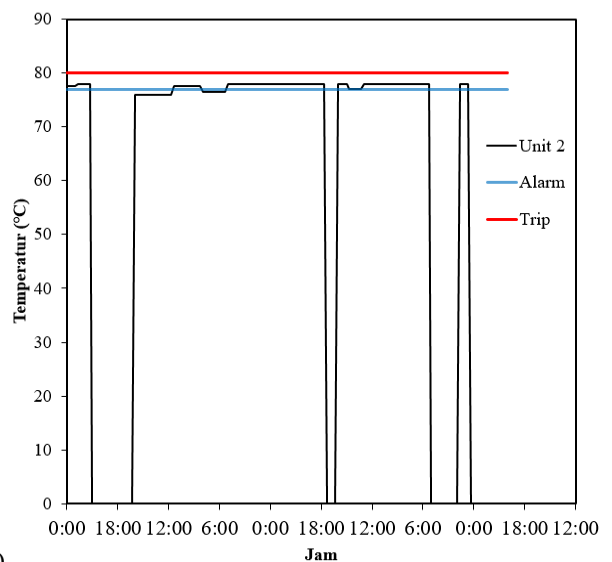
Gambar 1 Alarm lokal unit 2 ULPLTA Koto Panjang

Gambar 2 menunjukkan data pengamatan temperatur *thrust bearing* unit 1 dan unit 2 selama 3 hari. *Thrust bearing* pada unit 1 beroperasi dengan normal selama masa pengamatan dengan temperatur tertingginya yaitu 68 °C (Gambar 2a). *Thrust bearing* unit 2 beroperasi dengan temperatur diatas temperatur *alarm* (77 °C).

Thrust bearing unit 2 berdasarkan kriteria batas temperatur mengalami kondisi tidak normal karena temperatur sering melewati batas *alarm* selama 3 hari tersebut (Gambar 2b). Investigasi perlu dilakukan untuk mengetahui penyebab kenaikan temperatur ini.



(a)



(b)

Gambar 2 Temperatur *Thrust Bearing* (a) Unit 1, (b) Unit 2

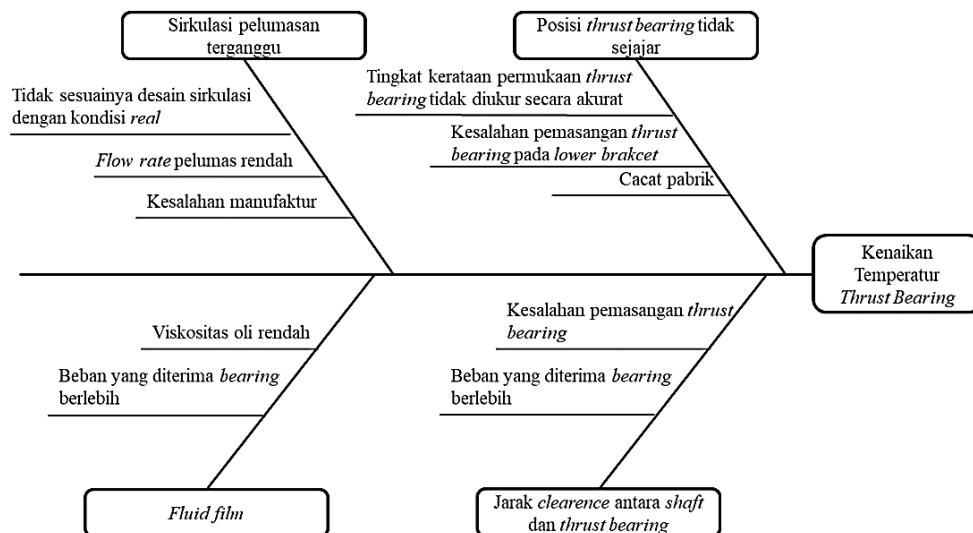
Pengecekan dilakukan pada faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan temperatur *thrust bearing* seperti tidak level (tidak sejajar) posisi *thrust bearing*, *clearance* antara *shaft* generator dan *thrust bearing pad* terlalu dekat, beban yang ditumpu terlalu besar, dan sirkulasi pelumasan yang tidak baik (Gambar 3) [6]. Namun, masih ditemukan ketidaknormalan pada saat pengoperasian. Pengecekan lebih lanjut dilakukan pada sirkulasi pelumas.

Mekanisme sistem sirkulasi pelumas pada *thrust bearing* Unit Layanan PLTA Koto Panjang sebagai berikut (Gambar 3):

1. Oli masuk melalui *oil inlet pipe* (A).
2. Oli mengalir ke celah antara *thrust bearing pad* dan *shaft* (B) langsung menuju ke *oil outlet pipe* (D).
3. Oli mengalir ke *thrust ring* (C).
4. Oli dari *thrust ring* (C) mengalir ke dua arah, yang satu langsung ke *oil outlet pipe* (D), dan yang satunya lagi mengalir ke *adjusting key*.

5. Oli dari *adjusting key* (E) mengalir ke *oil outlet pipe* melalui parit (F).
6. Oli dari *outlet pipe* (D) mengalir ke *oil cooler* untuk didinginkan.
7. Oli yang sudah didinginkan dialirkan kembali melalui

1120-1280 l/min, maka sistem akan menambahkan oli ke sistem sirkulasi pelumas. Sistem sirkulasi pelumas memiliki *oil level* (ketinggian oli) maksimum, normal, dan minimum yaitu 1430 mm; 1340 mm; dan 1230 mm atau 43,17 m³; 40,45 m³; dan 37,13 m³ ditunjukkan pada V_{max} (Gambar 4).



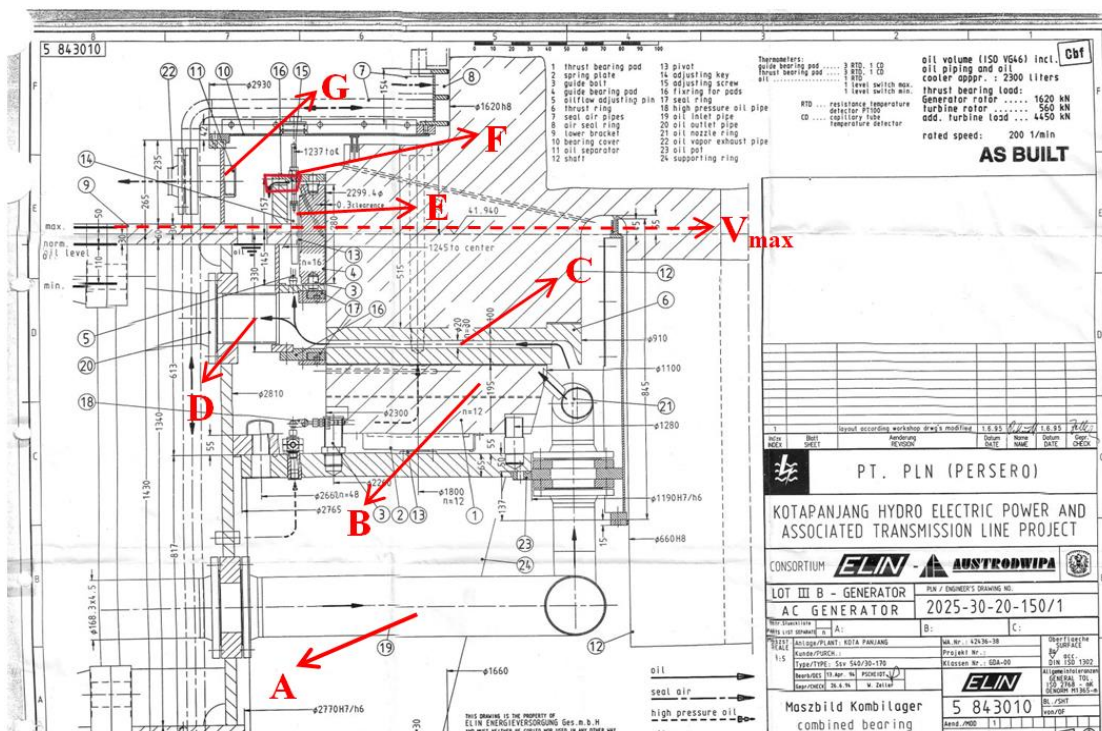
Gambar 3 Skema penanganan kenaikan temperature *thrust bearing*.

inlet pipe (A).

8. Oli yang menguap dikeluarkan melalui *oil vapor exhaust pipe* (G) yang kemudian uap oli tersebut dibuang ke lingkungan melalui *oil vapor discharge pipe*.

Sistem sirkulasi pembangkit listrik dibantu dengan sistem otomasi yang dikontrol menggunakan governor untuk membantu sirkulasi apabila *flow rate* oli rendah dibawah

Unit pembangkit sering mengalami kebocoran oli di *oil vapor discharge pipe* (Gambar 5), sehingga *flow rate* oli menjadi rendah sebelum peringatan tingginya temperatur *thrust bearing* menyala. Kebocoran oli pada pembangkit karena sistem otomasi pembangkit akan terus menambahkan oli secara otomatis ketika *flow rate* oli dibawah standar PLTA yaitu 1120-1280 l/min (Gambar 6). Penambahan ini



Gambar 4 Desain Sirkulasi Pelumas

mengakibatkan volume oli pada sistem sirkulasi pelumas melebihi batas volume yang diizinkan yaitu $43,17 \text{ m}^3$ dan oli meluap. Tim HAR PLTA Koto Panjang mengatasi sementara masalah tersebut dengan cara menutup *oil vapor exhaust pipe* (Gambar 7).



Gambar 5 Oil Vapor Discharge Pipe

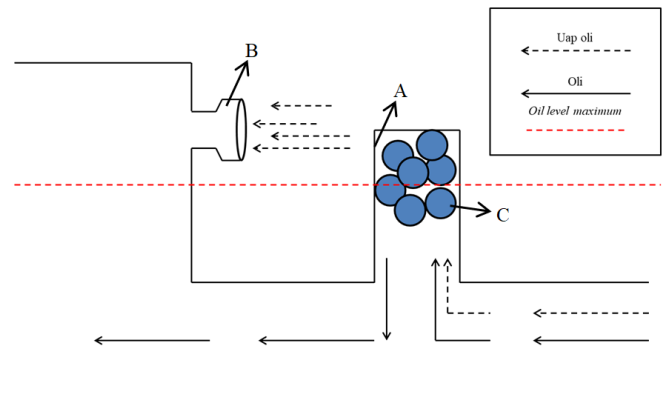
Penutupan jalur pembuangan uap oli mengganggu sirkulasi pelumas *thrust bearing* yang mengakibatkan pendinginan pelumas tidak optimal. Oli merupakan fluida yang bekerja sebagai pelumas dan pendingin. Oli mengalami kontak langsung dengan elemen mesin bergerak atau berputar sehingga oli mengalami gesekan yang mengakibatkan peningkatan temperatur yang semakin lama akan mengubah fasa oli dari cair menjadi gas. Oli berubah fasa menjadi uap ketika mengalami tekanan 1000-3000 psig (6,89-20,68 MPa) dan terpapar temperatur 135°F ($57,22^\circ\text{C}$) [9], [10]. Uap oli ini akan menumpuk di sistem sirkulasi karena saluran pembuangan uap oli telah ditutup. Oli dan uap oli memiliki perbedaan massa jenis yang mengakibatkan pembentukan dua daerah pada sistem sirkulasi, uap oli cenderung memenuhi daerah yang lebih tinggi karena massa jenisnya yang lebih kecil, dan oli memenuhi daerah yang lebih rendah. Pembentukan perbedaan fasa ini mengakibatkan berkurangnya volume oli yang berperan sebagai pelumas dan pendingin sehingga terjadi gangguan pada sistem sirkulasi pelumas.



Gambar 6 Flow Rate Oli



Gambar 7 Oil Vapor Exhaust Pipe



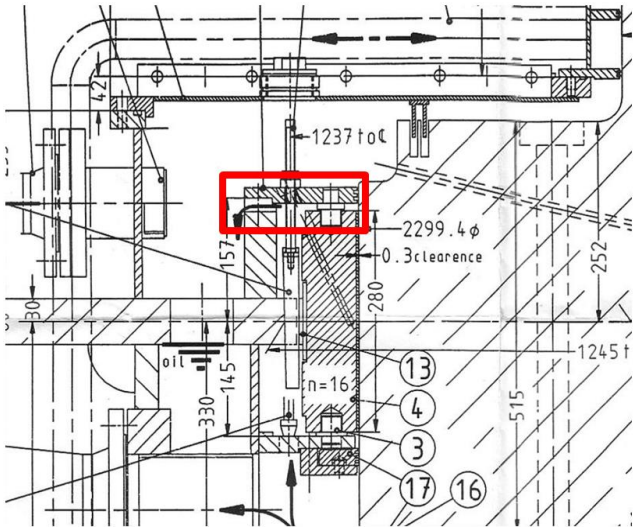
Gambar 8 Ilustrasi Sistem Sirkulasi Pelumas *Thrust Bearing*

Gambar 8 menunjukkan ilustrasi sistem sirkulasi pelumas *thrust bearing* yang tidak normal dimana oli yang seharusnya mengalir dari *adjusting key* (E) (Gambar 3) menuju parit (A) tidak dapat mengalir karena paritnya tidak ada. Parit berfungsi untuk mengeluarkan oli yang mengalir ke atas dan mengeluarkan uap oli menuju *oil exhaust pipe* (B). Tidak adanya parit ini, maka uap oli akan terjebak seperti pada C yang membentuk daerah vakum dan tidak tersalurkan kepada *oil exhaust pipe* (B) untuk dikeluarkan. Uap oli yang terjebak ini semakin lama akan semakin bertekanan sehingga aliran sirkulasi oli terganggu. Sistem sirkulasi oli *thrust bearing* diputuskan untuk dimodifikasi dengan menambahkan saluran (Gambar 10).

Modifikasi sistem sirkulasi pelumas dilakukan dengan mengubah desain awal yaitu dengan penambahan pipa pada *fixring for pad* untuk jalur keluar oli (Gambar 9).



Gambar 9 Modifikasi Sistem Sirkulasi Pelumas

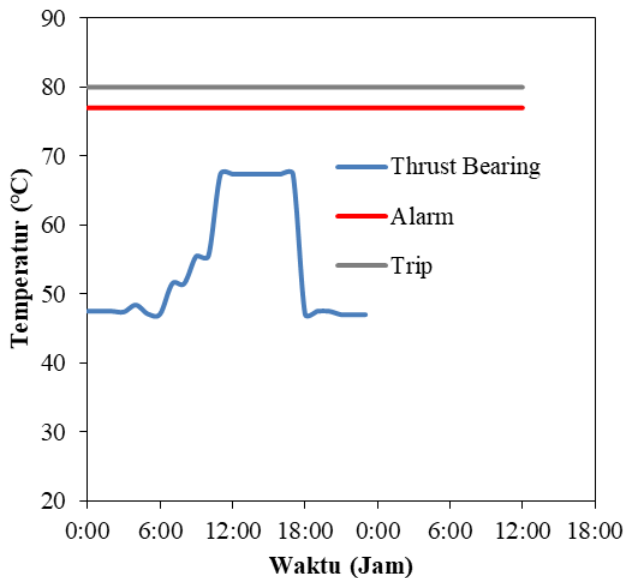


Gambar 10 Desain *Combined Bearing Layout*

Flowrate oli dan Temperatur *thrust bearing* unit 2 Unit Layanan PLTA Koto Panjang kembali normal setelah dilakukan modifikasi sistem sirkulasi pelumas (Gambar 11 dan Gambar 12). Jadi, dari pengamatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan memodifikasi sistem sirkulasi pelumas *thrust bearing* dapat menormalkan kembali temperatur *thrust bearing*.



Gambar 11 *Flow Rate* Oli Setelah Modifikasi



Gambar 12 Temperatur *Thrust Bearing* Setelah Modifikasi

3. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah kenaikan temperatur *thrust bearing* unit 2 ULPLTA Koto Panjang terjadi disebabkan oleh adanya udara (uap oli) yang terjebak pada sistem sirkulasi pelumas sehingga sirkulasi terganggu. Modifikasi sistem sirkulasi pelumas dengan menambahkan pipa pada *fixring* sebagai jalur keluar oli efektif mengatasi kenaikan temperatur *thrust bearing*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Unit Layanan PLTA Koto Panjang yang telah memberikan akses informasi dan dukungan pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mulyadi, “Industri Listrik PLTA Kotopanjang vs Permasalahan Lingkungan,” 2003.
- [2] R. E. Rinaldo and M. F. La Ode, “Pengaruh Kerusakan Thrust Bearing Turbin Air terhadap Suhu Unit 4 pada PLTA Maninjau,” in *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)*, 2021, pp. 140–144.
- [3] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House, 1982.
- [4] R. E. Rinaldo, “Pengaruh Kerusakan Thrust Bearing Turbin Air Terhadap Suhu Unit 4 pada PLTA Maninjau,” 2020.
- [5] T. Sianturi, “Analisa Pipa Heat Exchanger (Cooling Tube) Bervariasi Pada Turbine Guide Bearing Pembangkit Listrik Tenaga Air Siguragura,” *SJoME*, vol. 2, no. 2, pp. 49–62, Feb. 2021, doi: 10.36655/sproket.v2i2.313.
- [6] F. M. M. M. de Sousa, *Study of a Hydrodynamic Thrust Bearing for Hydroelectric Power Stations*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [7] D. Wardianto, “Analisis Kenaikan Temperatur pada Bantalan Penyangga Radial (Turbine Guide Bearing) di Unit 4 PLTA Maninjau,” vol. 3, 2020.
- [8] F. A. Jabri and S. Feroz, “Investigation of Thrust Bearing High Temperature in Gas Turbine,” 2017.
- [9] D. E. Menzie and R. F. Nielsen, “A Study of the Vaporization of Crude Oil by Carbon Dioxide Repressuring,” *Journal of Petroleum Technology*, vol. 15, no. 11, pp. 1247–1252, 1963.
- [10] Y. Qian *et al.*, “The investigation of evaporation behavior of lubricating oil droplet at high ambient temperature,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 117, p. 104689, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.104689.