

ANALISIS PENGARUH NANOLUBRIKAN TiO_2 PADA PELUMASAN THERMOHYDRODYNAMIC TERHADAP PERFORMA TRIBOLOGI THRUST BEARING PERMUKAAN TEKSTUR METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

*Hasna'u Saniyah¹, Mohammad Tauviquirrahman², Sulistyo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: hasnasaniyah16@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi pelumas (ISO VG 46 dan Nanolubrikan TiO_2) terhadap fenomena *thermohydrodynamic* pada *thrust bearing* yang beroperasi pada kecepatan 6000 RPM yang dilakukan pada kondisi permukaan bantalan bertekstur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelumas Nanolubrikan TiO_2 menghasilkan tekanan maksimum dan daya dukung beban tertinggi, sedangkan kondisi *thrust bearing* berpelumas ISO VG 46 menghasilkan nilai terendah. Penambahan nanopartikel TiO_2 pada pelumas ISO VG 46 secara konsisten meningkatkan tekanan hidrodinamik dan daya dukung beban pada seluruh kondisi permukaan.

Kata Kunci: *computational fluid dynamics; iso vg 46; nanolubrikan tio2; thermohydrodynamic thrust bearing*

Abstract

This study analyzes the effect of lubricant variations (ISO VG 46 and TiO_2 Nanolubricant) on thermohydrodynamic phenomena in thrust bearings operating at 6000 RPM, carried out on textured bearing surface conditions. The results show that TiO_2 Nanolubricant produces the highest maximum pressure and load carrying capacity, while the ISO VG 46 lubricant thrust bearing condition produces the lowest values. The addition of TiO_2 nanoparticles to ISO VG 46 lubricant consistently increases hydrodynamic pressure and load carrying capacity on all surface conditions

Keywords: *computational fluid dynamics; iso vg 46; nanolubricant tio2; thermohydrodynamic thrust bearing*

1. Pendahuluan

Thrust bearing merupakan salah satu komponen penting dalam sistem elemen mesin yang berfungsi untuk menopang dan mentransmisikan beban aksial sepanjang sumbu poros pada sistem berputar [1] Sebagai bagian dari sistem transmisi daya, *thrust bearing* bekerja dengan prinsip pelumasan hidrodinamik, yaitu terbentuknya lapisan fluida tipis di antara permukaan *pad* dan *runner* yang berfungsi untuk menopang beban dan mengurangi gesekan [2]

Fenomena termal menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi performa *thrust bearing*. Ketika beban dan kecepatan rotasi meningkat, energi gesek yang timbul di antara lapisan pelumas menyebabkan peningkatan suhu pada celah pelumasan [3] Peningkatan suhu ini akan menurunkan viskositas fluida pelumas, sehingga film pelumas menjadi lebih tipis dan distribusi tekanan hidrodinamik menurun [4].

Pengembangan pelumas berperforma tinggi melalui penambahan partikel pada pelumas banyak dilakukan. penambahan nanopartikel pada pelumas mampu menurunkan suhu operasi *thrust bearing* dan mengurangi deformasi termal [5]. Peningkatan konduktivitas termal pelumas melalui nanopartikel tidak hanya meningkatkan efisiensi pelumasan, namun juga mendukung konsep pelumasan berkelanjutan yang ramah lingkungan [6].

penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan nanopartikel TiO_2 pada pelumas ISO VG 46 terhadap performa termohidrodinamik *thrust bearing*. Hasil penelitian ini akan menunjukkan perbandingan performa tribologis antara pelumas dengan penambahan maupun penambahan nanopartikel TiO_2 Dalam melakukan studi ini,

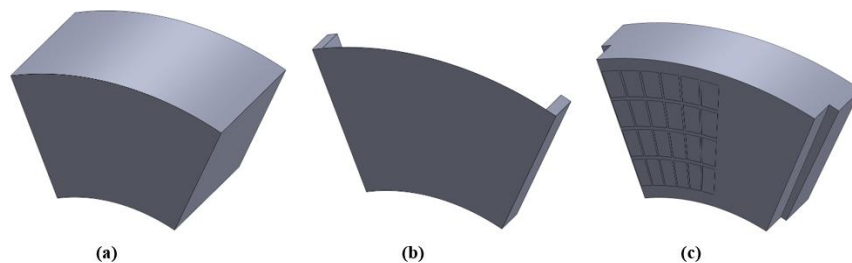
2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini berbasis simulasi numerik dengan menggunakan perangkat lunak ansys 2021 R2, *Computational Fluid Dynamic* (CFD) untuk menggambarkan aliran fluida, *Steady State Thermal* untuk menggambarkan perubahan suhu, serta *System Coupling* untuk menggabungkan simulasi CFD dan *Steady State Thermal*. Terdapat beberapa Langkah dalam

melakukan simulasi numerik, diantaranya tahap *pre-processing*, tahap *processing*, dan tahap *post-processing*. Tahap *pre-processing* merupakan tahapan sebelum dilakukan perhitungan numerik, di mana terdiri dari pembuatan geometri sesuai dengan sumber acuan yang telah ditentukan, *meshing* yang telah memenuhi hasil uji *grid independent* dan juga kualitas *skewness* dan *orthogonal quality* yang sesuai dengan standar dari *ansys*, penentuan jenis aliran, model turbulensi, kondisi *cell zone*, *boundary condition*, dan *properties* material yang akan disimulasikan. Sementara itu, tahap *processing* merupakan tahapan di mana perhitungan fenomena yang dilakukan secara komputasional oleh *software* berdasarkan persamaan dan kondisi yang sudah diatur sebelumnya. Sedangkan, tahap *post-processing* ialah tahapan di mana pengumpulan data hasil simulasi, tampilan visual berupa kontur, *vector*, *pathline*, dan juga grafik hasil perhitungan, berupa tekanan dan *load carrying capacity*

2.1 Geometri Penelitian

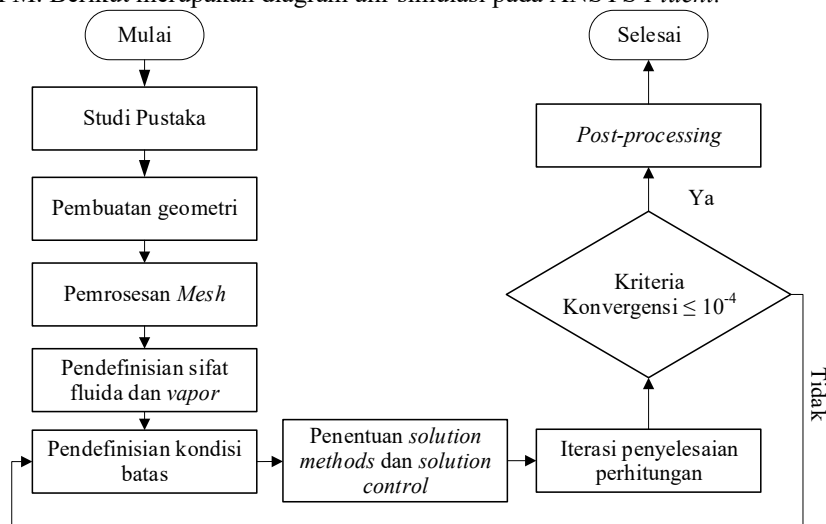
Geometri pada Thrust Bearing yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada jurnal yang berjudul “*Effect of thermal and mechanical deformations on textured thrust bearings optimally designed by a THD calculation method*” oleh [6]. Geometri dibagi menjadi tiga bagian yaitu Lubrikan, Rotor, dan Stator. Geometri *thrust bearing* yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 1/8 bagian dari geometri aslinya, yang setara dengan sektor sudut 45 derajat dari model keseluruhan, untuk mempermudah proses simulasi dan mengoptimalkan efisiensi komputasi. Mempertimbangkan simetri periodik dari desain *bearing* memungkinkan simulasi dilakukan dengan waktu pemrosesan yang lebih singkat dan menggunakan sumber daya komputasi yang lebih efisien sambil mempertahankan representasi yang valid dari fenomena *thermohydrodynamic* yang terjadi pada *thrust bearing*.



Gambar 1. Geometri Thrust Bearing; (a) Rotor, (b) Lubrikan, (c) Stator

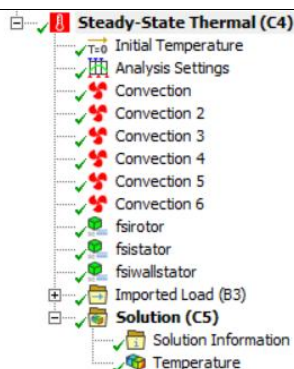
2.2 Simulation Setup

Pada penelitian, simulasi pada domain fluida menggunakan ANSYS *Fluent* (CFD), berbeda dengan eksperimen yang keakuratannya bergantung pada alat ukur, akurasi hasil CFD ditentukan oleh kualitas diskretisasi. Dengan kecepatan putaran rotor 6000 RPM. Berikut merupakan diagram alir simulasi pada ANSYS *Fluent*.



Gambar 2. Diagram alir simulasi pada ANSYS *Fluent*

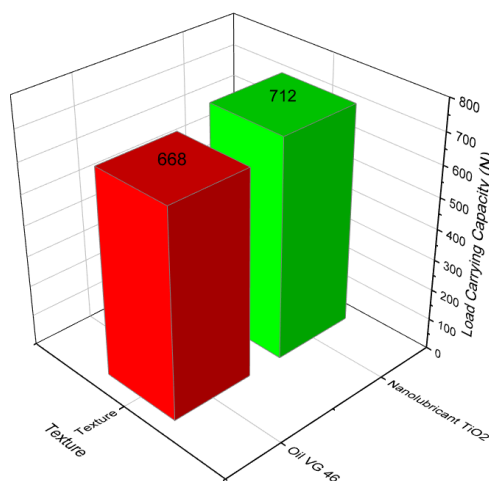
Untuk menganalisis kondisi termal pada *thrust bearing*, digunakan *solver ANSYS Steady-State Thermal*. Simulasi ini mempertimbangkan perpindahan panas melalui konduksi dan konveksi. Gambar 3 menunjukkan tampilan project pada *ANSYS Steady state thermal*.



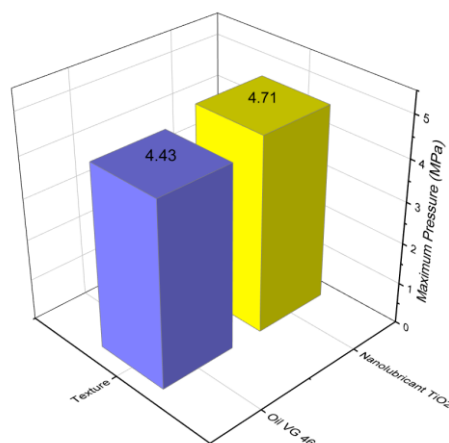
Gambar 3. Tampilan setup pada ANSYS *Steady-State Thermal*

3. Hasil dan Pembahasan

hasil simulasi dengan memvariasikan jenis pelumas pada kondisi permukaan pad terhadap karakteristik kinerja *thermohydrodynamic thrust bearing*, yaitu tekanan maksimum dan daya dukung beban (*load carrying capacity*). Perbandingan bertujuan untuk mengidentifikasi konfigurasi paling efektif untuk meningkatkan kinerja *thrust bearing*. Adanya perbedaan perlakuan pada *thrust bearing* dapat mempengaruhi perubahan pada tekanan maksimum yang juga berpengaruh pada *load carrying capacity* pada *thrust bearing*. Perubahan tekanan maksimum akibat perbedaan perlakuan pada *thrust bearing* menyebabkan perubahan pada *load carrying capacity*. model tekstur berpelumas oil VG 46 memiliki nilai tekanan maksimum dan *load carrying capacity* yang paling rendah yaitu sebesar 4.43 Mpa dan 668 N, kemudian model tekstur berpelumas nanolubrikan TiO₂ dengan tekanan maksimum sebesar 4.71 Mpa dan *load carrying capacity* sebesar 712 N.



Gambar 4. Perbandingan *load carrying capacity* pada *thrust bearing*



Gambar 5. Perbandingan tekanan maksimum pada *thrust bearing*

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis thermohydrodynamics (THD) pada thrust bearing dengan variasi pelumas, disimpulkan beberapa hal yaitu;

- a. Penggunaan nanolubrikan ISO VG 46 + TiO₂ secara konsisten meningkatkan tekanan maksimum dibandingkan pelumas ISO VG 46 murni pada thrust bearing. Peningkatan tekanan ini mengindikasikan bahwa penambahan nanopartikel TiO₂ mampu memperbaiki karakteristik hidrodinamik pelumas melalui peningkatan viskositas efektif dan kestabilan film pelumasan.
- b. Daya dukung beban (*load carrying capacity*) thrust bearing menunjukkan tren yang sejalan dengan distribusi tekanan hidrodinamik. Nilai *load carrying capacity* terendah diperoleh pada model *textured surface* dengan pelumas ISO VG 46, kemudian meningkat pada model *roughened surface*, dan mencapai nilai maksimum pada model *slip surface*. Tren ini menegaskan bahwa peningkatan tekanan maksimum berbanding lurus dengan kemampuan bantalan dalam menopang beban aksial.

5. Daftar Pustaka

- [1] Lin, S., Chen, H., & Xu, Q. (2020). *An eco-impact design metric for water-lubricated bearings based on anticipatory Life Cycle Assessment*. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120601. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120601>
- [2] Wasilczuk, K., & Wasilczuk, M. (2020). *Performance and thermal characteristics of hydrodynamic thrust bearings in marine propulsion systems*. *Polish Maritime Research*, 27(3), 92–102. <https://doi.org/10.2478/pomr-2020-0048>
- [3] Peng, R., Liu, D., & Zhou, X. (2025). *An eco-impact design metric for water-lubricated bearings based on anticipatory life cycle assessment*. *Journal of Cleaner Production*, 389, 137482. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.137482>
- [4] Bouyer, J., Fillon, M., & Changenet, C. (2022). *Experimental research on a hydrodynamic thrust bearing with hydrostatic lift pockets*. *Tribology International*, 165, 107317. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107317>
- [5] Bhat, S. A., Suresh, A. S., & Reddy, N. S. (2024). *Water-cooled thrust bearings in conjunction with nanofluid lubricant*. *Tribology International*, 195, 108024. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.108024>
- [6] Chalkiopoulos, M., Charitopoulos, A., Fillon, M., & Papadopoulos, C. I. (2020). *Effects of thermal and mechanical deformations on textured thrust bearings optimally designed by a THD calculation method*. *Tribology International*, 148, 106303. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106303>
- [7] Henry, Y., Bouyer, J., & Fillon, M. (2015). *An experimental analysis of the hydrodynamic contribution of textured thrust bearings during steady-state operation*. *Tribology International*, 90, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.04.009>
- [8] Kamarapu, R., Chinnam, R., & Rao, C. S. P. (2025). *Nanoenhanced biolubricant for improving lubrication in roller bearing steel–steel contact surfaces: A comparative tribological study*. *Tribology International*, 180, 108123. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2025.108123>
- [9] Xu, C., Zhang, X., & Liu, J. (2023). *Study on the fretting and sliding composite wear behavior of Ni–Al bronze under seawater lubrication*. *Wear*, 512, 204553. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.204553>
- [10] Arif, M. (2021). *Implication of surface texture and slip on hydrodynamic fluid film bearings*. *Tribology International*, 155, 106740. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106740>