Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 14, No. 3, Tahun 2026
Online: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm

ANALISIS PERFORMA TRIBOLOGI *JOURNAL BEARING* TERHADAP VARIASI VISKOSITAS PELUMAS DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD)

***Bernadus Andika Putranto[1], Mohammad Tauviqirrahman[2], Sulistyo[2]**
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
[2]Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*E-mail: bernadputranto69@gmail.com

Abstrak

Journal bearing merupakan elemen mesin yang berfungsi menopang poros berputar dan mengurangi gesekan melalui pembentukan film pelumas hidrodinamik. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi *grade* viskositas pelumas (ISO 10, ISO 15, ISO 22, dan ISO 46) terhadap performa tribologi *journal bearing* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Kavitasi dimodelkan menggunakan model Zwart-Gerber-Belamri (ZGB). Simulasi dilakukan pada rasio eksentrisitas ε = 0.8 dan kecepatan putaran 2.750 rpm. Parameter evaluasi meliputi tekanan maksimum (Pmax), *load carrying capacity* (LCC) dan *friction force* (Ff). Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan viskositas dan kecepatan putaran meningkatkan P_{max}, LCC, dan Ff secara konsisten. 3. Secara keseluruhan, peningkatan viskositas mempengaruhi performa pelumasan journal bearing. Peningkatan viskositas fluida tidak hanya mempengaruhi kemampuan menahan beban, tetapi juga berkontribusi terhadap kenaikan gaya gesek, sehingga diperlukan tingkat viskositas fluida yang optimal untuk memperoleh keseimbangan antara kapasitas pembebanan dan performa gesek sistem.

Kata kunci: *computational fluid dynamics* (cfd); *journal bearing*; kavitasi; performa tribology; viskositas pelumas

Abstract

A journal bearing is a machine element that functions to support a rotating shaft and reduce friction through the formation of a hydrodynamic lubricant film. This study analyzes the effect of variations in lubricant viscosity grades (ISO 10, ISO 15, ISO 22, and ISO 46) on the tribological performance of a journal bearing using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Cavitation is modeled using the Zwart-Gerber-Belamri (ZGB) model. The simulation was conducted at an eccentricity ratio of ε = 0.8 and a rotational speed of 2,750 rpm. The evaluation parameters include maximum pressure (Pmax), load carrying capacity (LCC), and friction force (Ff). The simulation results indicate that an increase in viscosity and rotational speed consistently increases Pmax, LCC, and Ff. 3. Overall, the increase in viscosity affects the lubrication performance of the journal bearing. Increasing the fluid viscosity not only affects the load-carrying capacity but also contributes to an increase in friction force; therefore, an optimal fluid viscosity level is required to achieve a balance between the load capacity and the frictional performance of the system.

Keywords: *cavitation*; *computational fluid dynamics (cfd)*; *journal bearing*; *lubricant viscosity*; *tribological performance*

1. Pendahuluan

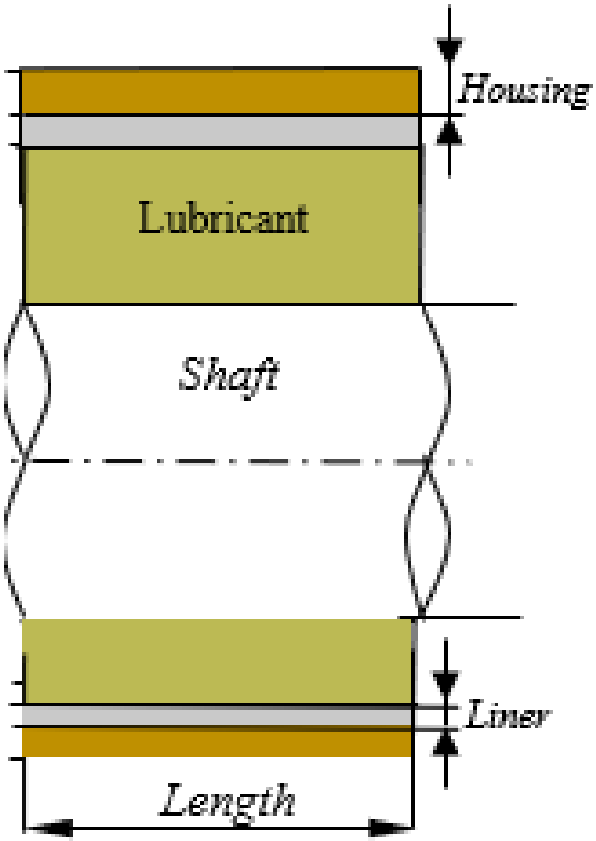
Journal bearing merupakan komponen kritis dalam sistem mesin modern yang berfungsi menopang poros berputar dan meminimalkan gesekan melalui pembentukan film pelumas bertekanan [1, 2]. Dalam kondisi operasi yang berat yang ditandai dengan kecepatan putar tinggi dan beban mekanik besar, prediksi performa bantalan yang akurat memerlukan kerangka analitis yang memperhitungkan kelenturan elastis struktur bantalan dan keterkaitan nya dengan medan tekanan hidrodinamik [3, 4]. Fenomena kavitasi pada zona divergen celah bantalan merupakan aspek penting lain yang harus dimodelkan secara akurat untuk prediksi performa yang andal [5]. Model kavitasi Zwart-Gerber-Belamri (ZGB) dalam kerangka *multiphase mixture* telah menunjukkan akurasi yang konsisten dalam simulasi bantalan jurnal, dengan error validasi umumnya di bawah 5% [6, 7]. Kumar, dkk. (2017) menemukan bahwa semakin tinggi viskositas pelumas,

tekanan maksimum yang dihasilkan pada *journal bearing* juga semakin tinggi dimana hal ini juga berpengaruh ke daya dukung beban, dimana daya dukung beban akan meningkat seiring dengan meningkatnya viskositas pelumas. Berdasarkan dasar teori tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan model CFD yang komprehensif untuk menginvestigasi performa tribologi journal bearing pada empat *grade* viskositas pelumas standar (ISO 10, 15, 22, dan 46) dan kecepatan putaran 2.750 rpm pada eksentrisitas ε = 0.8.

2. Metode Penelitian

2.1 Geometri *Journal Bearing*

Geometri *journal bearing* yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada referensi Liu dkk. (2010). Model yang digunakan merupakan tipe single liner journal bearing dengan konfigurasi fluid domain dan solid domain yang terpisah. Skema journal bearing disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema *Journal Bearing*

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS R2 20.0. Domain fluida diselesaikan dengan ANSYS Fluent menggunakan model laminar dan pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri. Geometri *journal bearing* dan kondisi batas (seperti kecepatan poros 2.750 RPM, serta tekanan *inlet*/*outlet*) diadaptasi dari studi literatur yang relevan, khususnya penelitian oleh Liu et al. (2010), untuk memastikan validitas model. Sementara itu, kondisi masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) fluida masing-masing ditetapkan pada tekanan 0 Pa. Model viskositas yang digunakan adalah laminar. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi *grade* viskositas pelumas (ISO 10, ISO 15, ISO 22, dan ISO 46) terhadap performa tribologi *journal bearing* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

2.2 *Meshing*

Pemodelan geometri dan proses meshing dilakukan menggunakan ANSYS *Meshing* pada perangkat lunak ANSYS 2020 R2. Jenis *mesh* yang digunakan pada domain *fluid* adalah *hexahedral mesh*. Pada domain fluida, parameter *meshing* menggunakan *body sizing* sebesar 0.2 mm, *edge sizing* sebanyak 49 divisi, dan *face sizing* sebanyak 8 lapisan divisi. Jumlah elemen yang dihasilkan pada domain fluida sebanyak 283.200 elemen dengan jumlah nodes sebesar 322.848. Nilai *maximum skewness* pada domain fluida sebesar 0.79574 dan minimum *orthogonal quality* sebesar 0,020221. Berdasarkan parameter tersebut, kualitas *mesh* yang dihasilkan dinilai cukup baik untuk mendukung proses simulasi numerik pada analisis yang dilakukan.

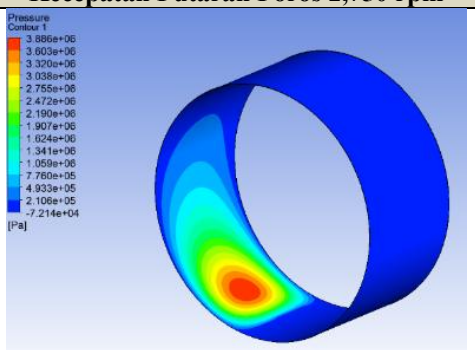
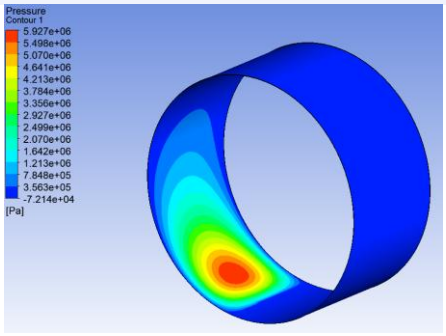


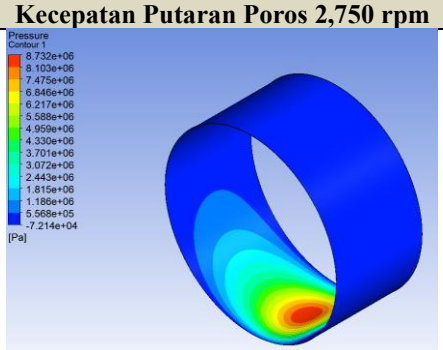
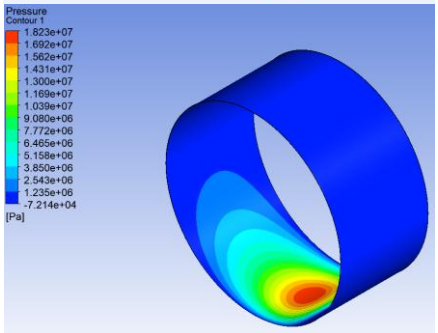
Gambar 2. *Meshing* Simulasi

3. Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh distribusi tekanan pada *journal bearing* untuk setiap variasi *viscosity grade lubricant*. Hasil simulasi tersebut digunakan untuk menganalisis pengaruh tingkat *grade* viskositas pelumas terhadap karakteristik pelumasan dan distribusi tekanan hidrodinamik pada sistem bantalan. Berikut ditampilkan kontur perbandingan tekanan pada masing-masing variasi *grade* viskositas yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Kontur Tekanan pada Variasi *Grade* Vikositas Pelumas

Kondisi	Nilai Viskositas	Kecepatan Putaran Poros 2,750 rpm
Pure Fluid	ISO 10	
	ISO 15	

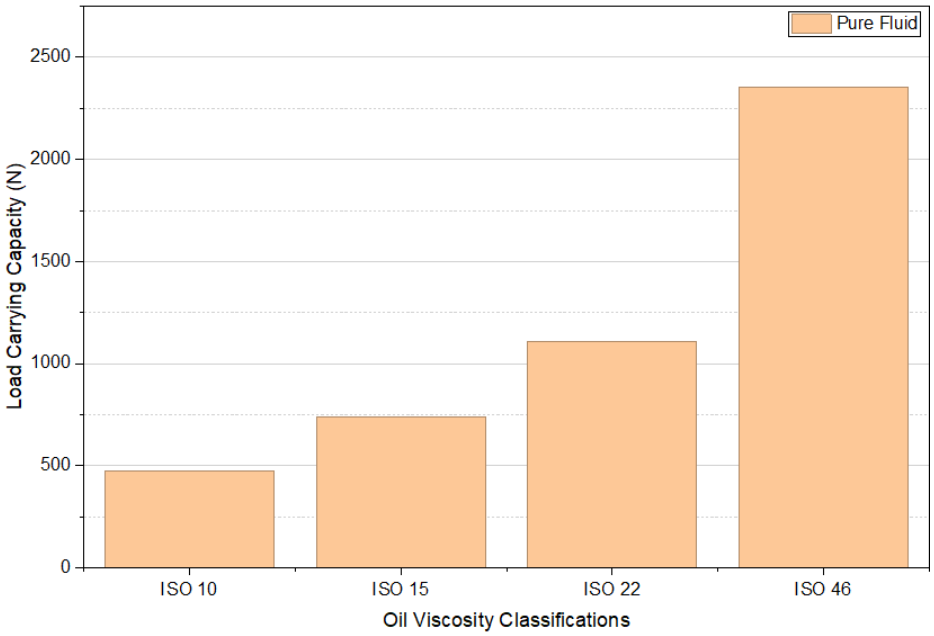
Kondisi	Nilai Viskositas	Kecepatan Putaran Poros 2,750 rpm
	ISO 22	
	ISO 46	

Berdasarkan Tabel 1, nilai tekanan maksimum pada kondisi *pure fluid* meningkat secara konsisten seiring bertambahnya *grade* viskositas pelumas pada kedua kecepatan putaran poros. Tren ini konsisten dengan mekanisme pelumasan hidrodinamik, di mana peningkatan kecepatan relatif antara poros dan *housing* memperbesar gradien kecepatan fluida pada zona konvergen sehingga tekanan yang terbentuk meningkat.

Berikut merupakan perbandingan hasil variasi *grade* viskositas pelumas permukaan terhadap performa tribologi pada *journal bearing*.

a. *Load Carrying Capacity*

Load carrying capacity (LCC) diperoleh melalui hasil integrasi distribusi tekanan pada seluruh permukaan lapisan fluida. Grafik berikut menampilkan nilai *load carrying capacity* (LCC) pada *journal bearing* terhadap pengaruh variasi kekasaran permukaan.

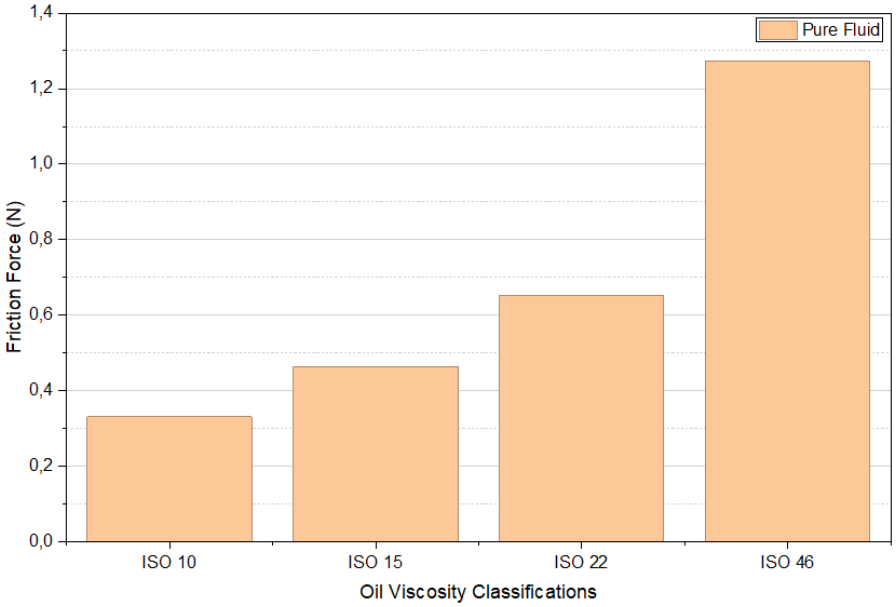


Gambar 3. Nilai LCC terhadap Variasi *Grade* Viskositas Pelumas

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, nilai *load carrying capacity* (W) meningkat secara konsisten seiring bertambahnya viskositas pelumas. Secara fisis, pelumas dengan viskositas lebih tinggi membentuk film pelumas yang lebih tebal pada celah bantalan, sehingga gaya integral tekanan pada permukaan *journal* meningkat.

b. *Friction Force*

Friction force diperoleh dari hasil integrasi tegangan geser yang bekerja pada permukaan bearing. Berikut merupakan nilai tegangan geser yang didapatkan berdasarkan hasil simulasi.



Gambar 4. Nilai *Friction Force* terhadap Variasi *Grade* Viskositas Pelumas

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, nilai *friction force* (*Ff*) meningkat secara konsisten seiring bertambahnya viskositas pelumas pada kedua kecepatan putaran dan kedua kondisi. Peningkatan ini merupakan konsekuensi langsung dari hubungan tegangan geser dengan viskositas dinamis fluida ($\tau = \mu \cdot du/dy$); semakin tinggi viskositas, semakin besar tegangan geser yang dihasilkan pada permukaan *journal*, sehingga integral tegangan geser pada seluruh area bantalan menghasilkan *Ff* yang lebih besar.

Berdasarkan hasil tersebut, kenaikan viskositas pelumas dan kecepatan putar secara signifikan meningkatkan kapasitas dukung beban (*load carrying capacity*). Hasil menunjukkan sejalan dengan peningkatan kapasitas dukung beban, gaya gesek (*friction force*) juga mengalami peningkatan seiring dengan naiknya viskositas pelumas.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap performa tribologi pada *journal bearing* melalui parameter *load carrying capacity* (LCC) dan *friction force* pada putaran 2.750 dan 10.000 RPM. Berikut kesimpulan dari penelitian ini:

1. Nilai *load carrying capacity* (LCC) meningkat seiring meningkatnya viskositas fluida. Fluida dengan ISO terendah menghasilkan nilai LCC terendah, sedangkan fluida dengan ISO tertinggi menghasilkan nilai tertinggi.
2. *Friction force* juga mengalami kenaikan dengan bertambahnya viskositas fluida pada nilai putaran poros 2.750 RPM yang menunjukkan perubahan distribusi tegangan geser pada lapisan pelumas.
3. Secara keseluruhan, peningkatan viskositas mempengaruhi performa pelumasan *journal bearing*. Peningkatan viskositas fluida tidak hanya mempengaruhi kemampuan menahan beban, tetapi juga berkontribusi terhadap kenaikan gaya gesek, sehingga diperlukan tingkat viskositas fluida yang optimal untuk memperoleh keseimbangan antara kapasitas pembebanan dan performa gesek sistem.

5. Daftar Pustaka

[1] Hamrock, B.J., Schmid, S.R., & Jacobson, B.O. (2004). Fundamentals of Fluid Film Lubrication (2nd ed.). Marcel Dekker.

[2] Frene, J., Nicolas, D., Degueurce, B., Berthe, D., & Godet, M. (1997). Hydrodynamic Lubrication: Bearings and Thrust Bearings. Elsevier.

[3] Liu, H., Xu, H., Ellison, P.J., & Jin, Z. (2010). Application of computational fluid dynamics and fluid–structure interaction method to the lubrication study of a rotor–bearing system. Tribology Letters, 38(3), 325–336.

[4] Benasciutti, D., Gallina, M., & Bort, C.M.G. (2012). A numerical approach for the analysis of deformable journal bearings. Advances in Tribology, 2012. https://doi.org/10.1155/2012/930835.

[5] Almeida, M., Bastos, F., & Vecchio, S. (2023). Fluid–structure interaction analysis in ball bearings subjected to hydrodynamic and mixed lubrication. Applied Sciences, 13(9), 5660. https://doi.org/10.3390/app13095660

[6] Xie, Z., Jiao, J., & Wrona, S. (2023). The fluid-structure interaction lubrication performances of a novel bearing: Experimental and numerical study. Tribology International, 179, 108151.

[7] Kamat, P., Kini, C.R., & Shenoy, B.S. (2023). A comprehensive review on the effect of cavitation and thermal influences on fluid film bearings through CFD and FSI techniques. Industrial Lubrication and Tribology, 75(8).
[8] Kumar, R., Azam, M.S., Ghosh, S.K. (2015). Effect of surface roughness and deformation on Rayleigh step bearing under thin film lubrication. *Industrial Lubrication and Tribology* 69, hal. 1016–1032.
[9] Zwart, P., Gerber, A.G., & Belamri, T. (2004). A two-phase flow model for predicting cavitation dynamics. Proceedings of the Fifth International Conference on Multiphase Flow, Yokohama, Japan.
[10] Ahire, N., & Deshmukh, D. (2025). Nanoparticle-enhanced lubrication: CFD insights into cavitation in three-lobe journal bearings using TiO_2 nanofluids. Journal of Environmental Nanotechnology, 14(3), 604–611.
[11] Shao, M., et al. (2025). Review of advanced fabric composite liners for enhancing tribological performance on self-lubricating joint bearings. Surface Science and Technology. https://doi.org/10.1007/s44251-024-00068-z