

PERBANDINGAN EFEK KAVITASI DAN NON KAVITASI JOURNAL BEARING DENGAN PELUMAS SERUPA POMPA DARAH IMPLAN

*Michael Wijaya¹, Mohammad Tauviqirrahman², Muchammad²

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: michaelwijayacenter@gmail.com

Abstrak

Permintaan penggunaan journal bearing untuk aplikasi dengan pembebanan dan kecepatan tinggi dibutuhkan dalam berbagai jenis industri sehingga pengembangan desain pada journal bearing perlu dilakukan untuk dapat meningkatkan performa pelumasan didalamnya. Dalam meningkatkan performa tribologi, beragam metode telah diajukan para ilmuwan sehingga mendorong lahirnya pengembangan pada bearing yang diarahkan pada observasi slip, kavitasi, dan termal. Besarnya daya dukung beban dan kecilnya gesekan yang terjadi telah menjadi fokus utama penelitian sebelumnya. Namun hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah nilai viskositas yang timbul ketika panas dimasukkan dalam tinjauan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, pada kondisi batas slip dapat memberikan peningkatan terhadap performa tribologi yang sangat signifikan serta dapat mengurangi performa journal bearing. Tetapi kondisi batas slip dapat mempersempit wilayah kavitasi sehingga meningkatkan distribusi tekanan dibandingkan dengan bearing konvensional. Peninjauan kavitasi dan temperatur juga didapat menurunkan daya bearing, terkait dengan viskositas serta tekanan penguapan dari lubrikannya.

Kata kunci: CFD; *journal bearing*; kavitasi; performa tribologi

Abstract

The demand for the use of journal bearings for applications with high loading and speed is needed in various types of industries so that the design development of journal bearings needs to be done to improve the lubrication performance in it. In improving tribological performance, various methods have been proposed by scientists which have led to the development of bearings that are directed at slip, cavitation, and thermal observations. The magnitude of the load carrying capacity and the small friction that occurs have become the main focus of previous research. But another thing to consider is the value of the viscosity that arises when heat is included in the review. The results of this study indicate that, at the slip boundary conditions, it can provide a very significant increase in tribological performance and can reduce journal bearing performance. But the slip boundary conditions can narrow the cavitation region thereby increasing the pressure distribution compared to conventional bearings. Examination of cavitation and temperature was also found to reduce bearing strength, related to the viscosity and vaporization pressure of the lubricant.

Keywords: *cavitation; CFD; journal bearing, tribological performance*

1. Pendahuluan

Sebuah poros dapat dengan bebas berputar di dalam selongsong atau cangkang pendukung berkat penggunaan journal bearing, suatu bentuk bearing yang mengurangi gesekan antar bagian selama bergerak. Bearing elemen anti-gesekan atau rolling dan journal bearing hidrodinamis adalah dua jenis utama dalam mesin [1]. Fungsi utama bearing adalah untuk membawa beban antara poros dan rumah bantalan dengan keausan sesedikit mungkin [2]. Dalam industri, penggunaan journal bearing didedikasikan untuk mesin yang berputar baik pada kecepatan rendah maupun tinggi [3].

Penelitian tentang pemodelan turbulensi aliran journal bearing telah dikembangkan oleh banyak peneliti karena aliran turbulen dikenali dengan adanya medan kecepatan yang berfluktuasi. Hal ini karena memiliki fluktuasi di bidang kecepatan dan terjadi dalam skala kecil yang akan terlalu rumit jika dihitung secara manual dengan perhitungan teknik praktis seperti yang dicatat oleh Tuakia [4]. Sebuah studi [5] juga mengatakan bahwa tren yang serupa didapat baik pada aliran laminar maupun aliran turbulen. Penelitian mengenai efek turbulensi pernah dilakukan, dimana pemodelan laminar hanya dapat dilakukan pada saat sebelum Reynolds number pada aliran lubrikasi journal bearing mencapai titik kritis nya, sehingga akan menghasilkan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan aliran turbulen [6].

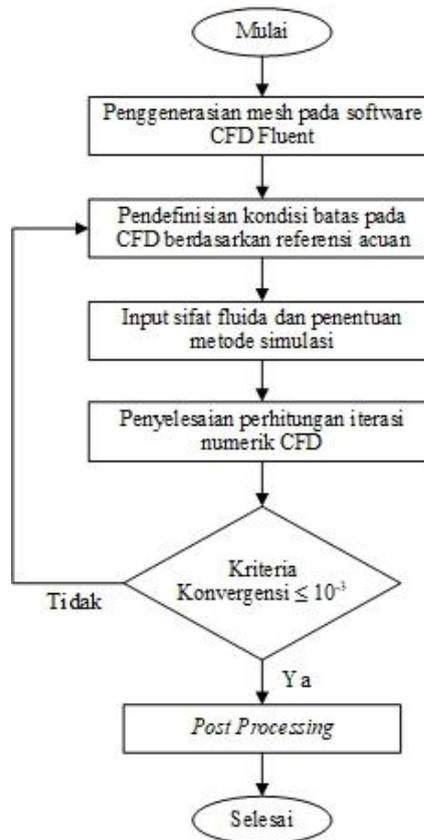
Banyak penelitian telah dilakukan dengan fokus pada fenomena kavitasi dan pengaruhnya terhadap kinerja bantalan. Berdasarkan model analitik, Mao dkk. [7] mengeksplorasi kinerja kavitasi pada berbagai tekstur. Karena rumitnya

aliran dalam journal bearing, ada kebutuhan untuk memprediksi tren perubahan fase di mana di sebagian besar studi yang diterbitkan sebelumnya, perubahan fase belum dipertimbangkan. Sebuah studi [8] juga mencari tentang fenomena kavitasi. Didapat bahwa kavitasi membuat turun daya bearing.

Dengan mempertimbangkan permasalahan di atas, penelitian ini menganalisis perilaku journal bearing dengan membandingkan kavitasi dan non kavitasi. Pemecahan masalah dilakukan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan software ANSYS 2019 R3, dimana fenomena kavitasi dimodelkan sesuai dengan model kavitasi Zwart-Gerber-Belamri.

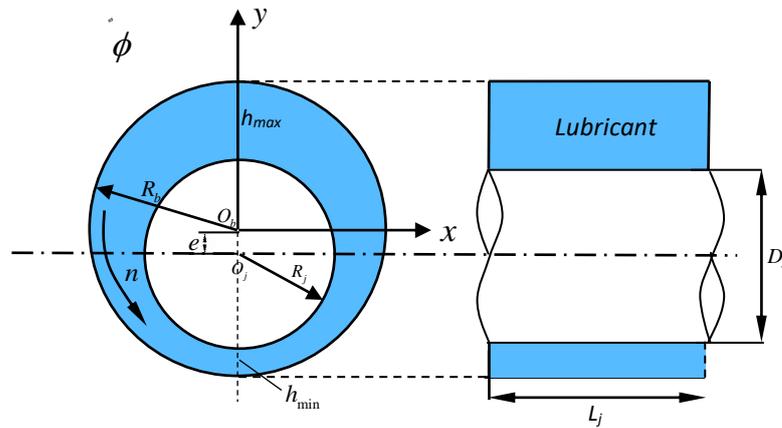
2. Bahan dan Metode Penelitian

Computational Fluid Dynamics (CFD), atau biasa disebut juga dengan komputasi dinamika fluida, merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis suatu aliran di samping penggunaan metode eksperimen. Kondisi termal saat bearing bekerja dapat mempengaruhi bagaimana performa pada bearing tersebut. Dengan mempertimbangkan adanya perubahan kondisi termal pada struktur solid bearing, baik karena adanya fenomena konduksi ataupun konveksi pada ruangan, hal tersebut dapat menyebabkan perubahan pada kondisi maupun sifat fisik pada aliran fluida. Alur simulasi diilustrasikan lebih lanjut pada Gambar 1 berikut.

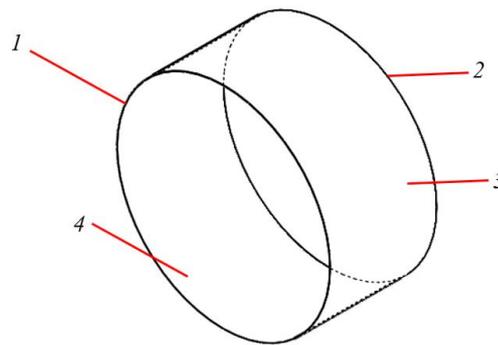


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Geometri journal bearing yang digunakan untuk melakukan simulasi berbagai kasus aliran fluida journal dalam validasi tugas akhir ini mengadopsi geometri dari journal bearing milik Gordon Paul dkk [9]. Sedangkan data lubrikan mengambil dari sebuah penelitian mengenai gliserol [10]. Nomenklatur dan model geometri dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 dibawah.



Gambar 2. Nomenklatur Journal Bearing



Gambar 3. Kondisi batas journal bearing

Parameter dari journal bearing, yaitu dimensi dan karakteristik fluida pelumasan diadopsi dari jurnal referensi. Parameter dari journal bearing dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter *journal bearing* pada kasus validasi.

Parameter Perhitungan Journal Bearing	Simbol	Nilai	Satuan
Diameter <i>journal</i>	D_j	26	mm
Panjang <i>journal</i>	L_j	22.1	mm
Rasio <i>clearance</i>	C	6.8	mm
Rasio eksentrisitas	ϵ	0.1 - 0.6	
Kecepatan putar poros	n	5,000	rpm
Massa jenis pelumas	ρ_w	1100	kg/m ³
Viskositas pelumas	μ_w	0.0036	Pa.s

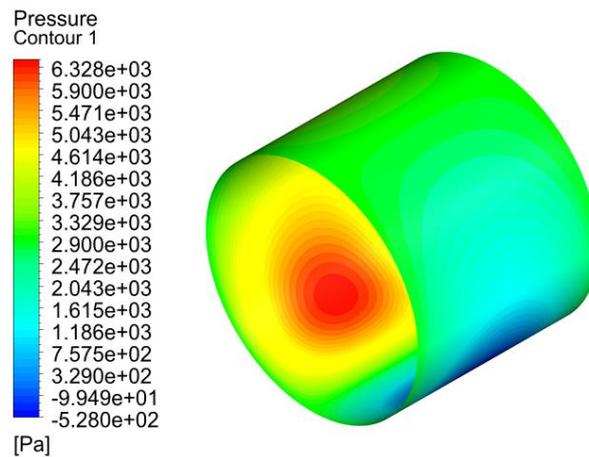
Pada kasus validasi, diskretisasi menggunakan ANSYS Meshing untuk menghasilkan mesh. Dalam diskretisasi, hal yang terpenting adalah kualitas dari meshing. Kualitas dari meshing dapat dilihat dari factor skewness dan jumlah grid yang dihasilkan. Kriteria pertama menggunakan edge sizing, yang mana dipakai sejumlah 280 divisi. Kemudian face meshing sejumlah 6 layer pemisahan. Metode nya menggunakan sweep dengan konfigurasi all quad, sejumlah 70 divisi. Dengan kriteria tersebut didapatkan jumlah elemen sebanyak 328,500 elemen dan 385,805 node. Serta nilai skewness yang didapatkan adalah 1.1474×10^{-2} untuk minimum, 0.15201 untuk maksimum, serta 9.0706×10^{-2} untuk skewness rata-rata.

Proses *Grid Independency Test* dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang stabil tanpa terpengaruh jumlah mesh dengan proses yang tidak membebani kerja komputer. Proses ini dilakukan dengan cara mengatur jumlah grid atau mesh yang berbeda beda yang hasil akhirnya menunjukkan deviasi yang rendah dengan tingkat kekeliruan atau error yang paling rendah pada saat proses simulasi mencapai nilai konvergen. Berikut adalah hasil *Grid Independency Test* pada journal bearing. Pertama dilakukan dengan jumlah layer sebanyak 2, dan didapatkan jumlah elemen sebanyak 203,840 dengan static pressure 427,5 Pa. Dilanjutkan dengan jumlah layer sebanyak 4 dengan jumlah elemen sebanyak

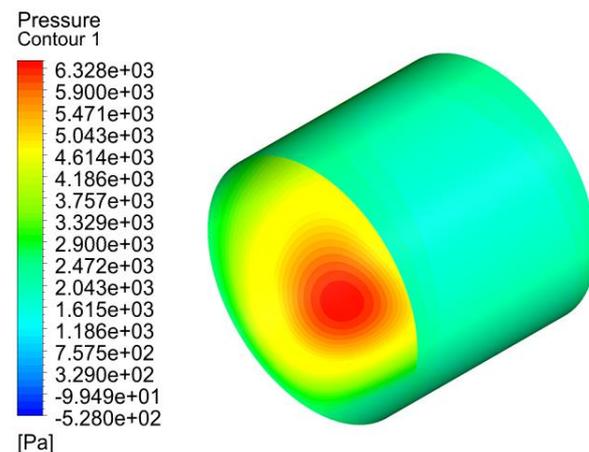
245,000, dan didapat static pressure sebesar 398,4 Pa dan Error sebesar 6.81% dibandingkan dengan hasil sebelumnya. Kemudian dilakukan lagi pada 6 layer dengan jumlah elemen sebanyak 294,000 dan didapat static pressure sebesar 383,0 Pa serta error 3.87%. Dan terakhir untuk memastikan dilakukan lagi pada jumlah layer sebanyak 8 dan dengan jumlah elemen sebanyak 343,000 dan besar static pressure sebesar 382,9 Pa serta nilai error 0.01%.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil semua variasi kasus pada setiap rasio eksentrisitas memiliki kontur yang serupa, baik untuk tekanan maupun fraksi volume uap. Kontur dari simulasi dengan $\epsilon = 0.3$ pada setiap variasi kasus dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

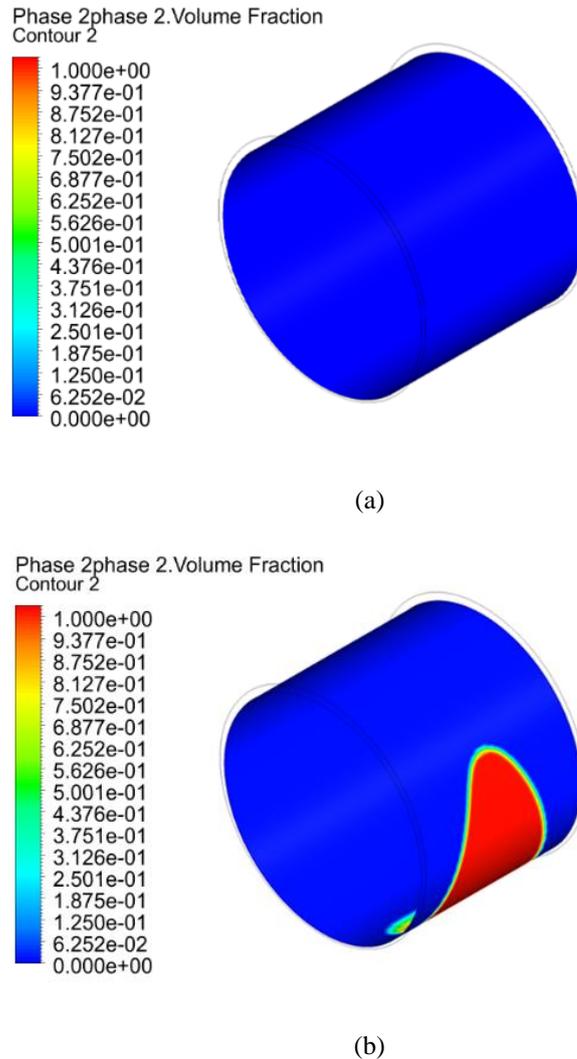


(a)



(b)

Gambar 4. Kontur tekanan *journal bearing* dengan $\epsilon = 0.3$ pada kasus:
 (a) tanpa kavitasi, (b) kavitasi



Gambar 5. Kontur fraksi volume uap *journal bearing* dengan $\varepsilon = 0.3$ pada kasus:
 (a) tanpa kavitasi, (b) kavitasi

Dari hasil kontur yang didapat, bisa dilihat perbedaan terutama pada kasus yang menggunakan kavitasi dan yang tidak. Kontur simulasi yang tidak memodelkan kavitasi memiliki daerah berwarna biru tua pada daerah divergen, yang menandakan tekanan yang besarnya negatif. Sedangkan simulasi yang memodelkan kavitasi, kontur pada daerah divergen nya tidak terdapat warna biru tua. Hal ini disebabkan karena tekanan rendah serta tekanan negatif telah menjadi zona kavitasi. Sehingga pada daerah tersebut hanya terbentuk warna biru muda yang menandakan tekanannya tidak turun lebih jauh daripada *vaporization pressure* pelumas. Untuk fraksi volume uap, dapat dilihat bahwa tidak terbentuk kontur untuk simulasi yang dilakukan tanpa kavitasi. Sebab dengan tidak adanya kavitasi, tidak ada daerah yang terdapat fraksi volume uap.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menilai performa jurnal bearing dengan menggunakan model kavitasi dan tanpa kavitasi. Analisis hydrodynamic (HD) dan thermohydrodynamic (THD) dilakukan dengan simulasi berbasis computational fluid dynamics (CFD) menggunakan program ANSYS Fluent. Dari hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa adanya permodelan kavitasi menyebabkan tekanan jurnal bearing menurun sedikit, serta terbentuk zona kavitasi, yang ditandakan dengan tertahannya tekanan untuk turun lebih rendah daripada tekanan uap pelumasan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Malcom, E., and Leader, P. Understanding Journal Bearings. Applied Machinery Dynamics Co. Durango: Colorado, 2001, 1-26.
- [2] Juvinall, R. C. and Marshek, K. M. (2017) Fundamentals of machine component design. 6th edn. New York: Wiley.

- [3] Chen, Y. et al. 'Elastohydrodynamic Behavior Analysis of Journal Bearing Using Fluid–Structure Interaction Considering Cavitation', *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2009.
- [4] Tuakia, F. *Dasar CFD menggunakan Fluent*; Informatika Bandung: Bandung, 2008.
- [5] Dousti, S., Cao, J.M., Younan, A., Allaire, P. and Diamond, T., (2012). Temporal and Convective Inertia Effects in Plain Journal Bearings with Eccentricity, Velocity, and Acceleration. *Journal of Tribology* 134, 31704.
- [6] Bayada, G.; Meurisse, M. Impact of the cavitation model on the theoretical performance of heterogeneous slip/no-slip engineered contacts in hydrodynamic conditions. *P. I. Mech. Eng. J-J. Eng.* 2009, 223, 371-381.
- [7] Mao, Y.; Zeng, L.; Lu, Y. Modeling and optimization of cavitation on a textured cylinder surface coupled with the wedge effect. *Tribol. Int.* 2016, 104, 212-224.
- [8] Lin, P.; I, L. Interacting Multiscale Acoustic Vortices as Coherent Excitations in Dust Acoustic Wave Turbulence. *Phys. Rev. Lett.* 2018, 120.
- [9] Paul, G., Rezaienia, A., Shen, X., Avital, E., & Korakianitis, T. (2016). Slip and turbulence phenomena in journal bearings with application to implantable rotary blood pumps. *Tribology International*, 104, 157-165. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2016.08.032>.
- [10] Segur, J.; Oberstar, H. Viscosity of Glycerol and Its Aqueous Solutions. *Ind. Eng. Chem.* 1951, 43, 2117-2120.