

ANALISIS *THERMOHYDRODYNAMIC* PENGARUH PEMBERIAN TEKSTUR *MULTISTEP* TERHADAP KAVITASI PADA *JOURNAL BEARING*

*Muhammad Mifthahul Rohman¹, Muchammad², Mohammad Tauviquirrahman²

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: mmifthahulrohman@gmail.com

Abstrak

Journal bearing merupakan elemen mesin yang berfungsi menopang poros dan mengurangi gesekan melalui pembentukan film pelumas fluida. Performa *thermohydrodynamic journal bearing* dipengaruhi oleh geometri permukaan, jenis pelumas, serta interaksi aliran fluida dan perpindahan panas di dalam celah pelumas. Penelitian ini menganalisis pengaruh tekstur *multistep* pada *journal bearing* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan parameter evaluasi berupa *load carrying capacity* (LCC), dan *volume fraction of vapour*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dibandingkan dengan *plain journal bearing*, nilai *load carrying capacity* menurun sebesar 68,97% pada 2 *groove*, 89,30% pada 4 *groove*, dan 93,80% pada 6 *groove*. Selain itu, modifikasi geometri *multistep* mampu menurunkan *volume fraction of vapour* secara signifikan hingga mendekati nol, yang menunjukkan berkurangnya fenomena kavitasi pada film pelumas. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan *groove* efektif dalam mengurangi gesekan dan kavitasi, namun menyebabkan penurunan kemampuan bantalan dalam menahan beban.

Kata kunci: *computational fluid dynamics; journal bearing; kavitasi; multistep texture; thermohydrodynamic lubrication*

Abstract

Journal bearing is a machine element that supports a rotating shaft and reduces friction through the formation of a fluid lubricant film. The performance of *thermohydrodynamic journal bearings* is influenced by surface geometry, lubricant type, as well as the interaction between fluid flow and heat transfer within the lubricant clearance. This study analyzes the effect of *multistep* texture on *journal bearing* performance using the *Computational Fluid Dynamics* (CFD) method, with evaluation parameters including *load carrying capacity* (LCC) and *volume fraction of vapour*. The simulation results show that compared with the *plain journal bearing*, the *load carrying capacity* decreases by 68.97% for 2 *grooves*, 89.30% for 4 *grooves*, and 93.80% for 6 *grooves*. In addition, the *multistep* geometry significantly reduces the *volume fraction of vapour* to nearly zero, indicating a reduction in cavitation within the lubricant film. These results indicate that increasing the number of *grooves* is effective in reducing friction and cavitation, although it also decreases the *load carrying capacity* of the bearing.

Keywords : *computational fluid dynamics; journal bearing; kavitasi; multistep texture; thermohydrodynamic lubrication*

1. Pendahuluan

Journal bearing merupakan elemen mesin yang memungkinkan terjadinya gerakan relatif antara dua komponen sekaligus mentransfer beban di antaranya. Selain menopang dan mengarahkan poros, *bearing* juga berfungsi meminimalkan gesekan antara bagian yang bergerak dan diam. Karena penggunaannya sangat luas pada berbagai sistem mekanis, pengembangan teknologi bearing terus dilakukan untuk meningkatkan performanya [1][2]. Pada umumnya, *journal bearing* bekerja berdasarkan prinsip pelumasan hidrodinamik, di mana lapisan tipis pelumas terbentuk di antara permukaan bantalan sehingga mampu meminimalkan keausan dan kehilangan energi [3][4][5]. Melalui analisis hidrodinamis, desain *multistep* terbukti mampu meningkatkan *load carrying capacity* dan menurunkan koefisien gesek dibandingkan *plain bearing* konvensional [6]. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa geometri *multistep* dapat meningkatkan stabilitas hidrodinamik dan efisiensi pelumasan dengan menurunkan gaya gesek, temperatur kerja, serta tingkat kebisingan bantalan, meskipun sedikit mengurangi kapasitas daya dukung beban [7][8]. Selain itu, penambahan *groove* *multistep* diketahui mampu menurunkan tekanan puncak serta mengurangi area dan rentang sudut terjadinya kavitasi dibandingkan *plain*

journal bearing [9]. Fesanghary dan Khonsari [10] menentukan bentuk alur optimal menyerupai “heart-like shape”, yang mampu meningkatkan *load carrying capacity* hingga sekitar 36% dibandingkan dengan alur spiral konvensional pada *parallel flat surface bearings*. Gao et al. [11] secara numerik menganalisis pengaruh beberapa parameter desain, seperti jari-jari bantalan, eksentrisitas, kecepatan poros, dan beban eksternal terhadap performa plain bearing dengan pelumas berbasis air. Dalam penelitian tersebut, parameter desain berpengaruh terhadap fenomena kavitasi pada *journal bearing*.

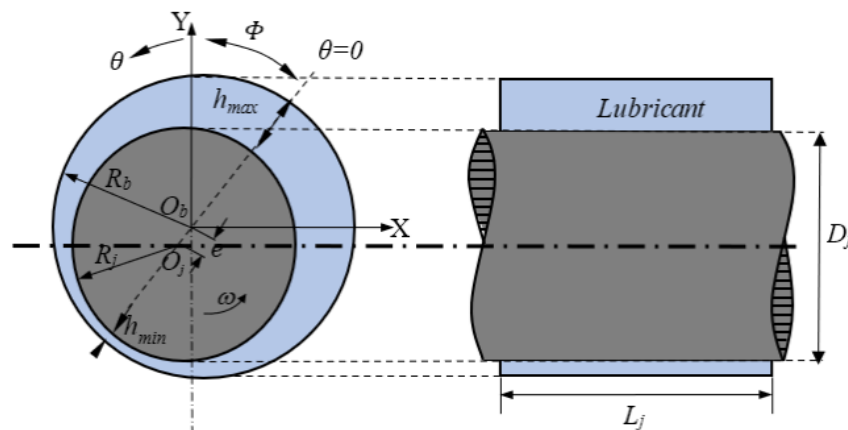
2. Metode Penelitian

2.1 Geometri Journal Bearing

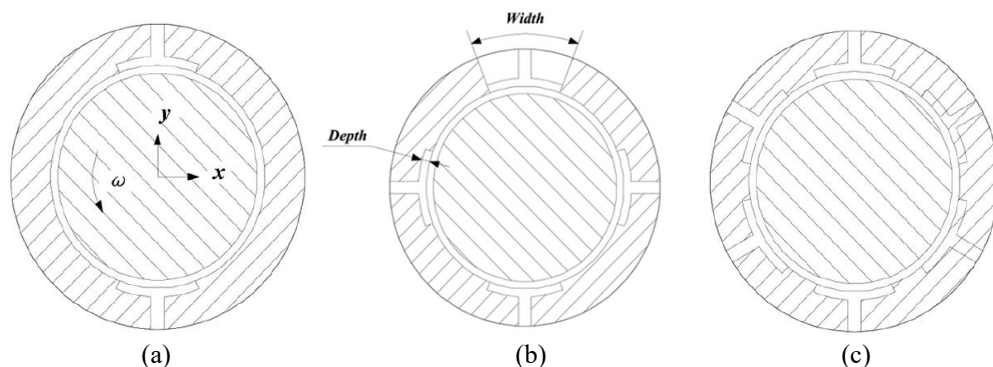
Geometri *journal bearing* yang digunakan dalam simulasi pada penelitian ini mengadopsi geometri *journal bearing* yang digunakan pada penelitian Taghipour et al. [12], sekaligus sebagai validasi pada simulasi. Geometri variasi *multistep* pada simulasi mengacu pada penelitian Chen et al. [13]. Berikut adalah parameter geometri *journal bearing*. Parameter dan kondisi batas simulasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Parameter *Journal Bearing*

Parameter <i>Journal bearing</i>	Simbol	Nilai	Satuan
Jari – jari <i>Journal</i>	R_j	50	mm
Panjang <i>journal</i>	L_j	133	mm
Radial clearance	c	0,145	mm
Rasio eksentrisitas	ε	0,6	-
Kecepatan putar poros	ω	48	rad/s
Attitude angle	ϕ	199,75°	degree
Sudut busur <i>step</i>	γ	30	degree
Jumlah <i>Groove</i>	n_{groove}	2, 4, 6	-
Sudut antara <i>step</i>	β	30, 60, 150	degree
Massa jenis <i>oil liquid</i>	ρ_l	840	kg/m ³
Viskositas <i>oil liquid</i>	μ_l	0,0127	Pa.s
Vapor Pressure	P_{sat}	20.000	Pa
Viskositas <i>oil vapor</i>	μ_v	2×10^{-5}	Pa.s
Diameter <i>Bubbles</i>	D_b	0,01	mm



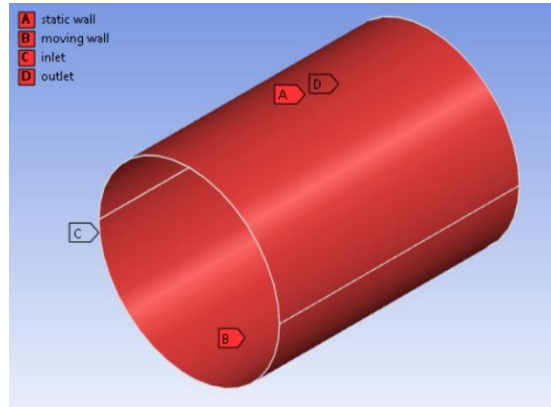
Gambar 1. Skema *Journal Bearing*



Gambar 2. Skema *Multistep Journal Bearing*

Tabel 2. Kondisi Batas yang Digunakan pada *Journal Bearing*.

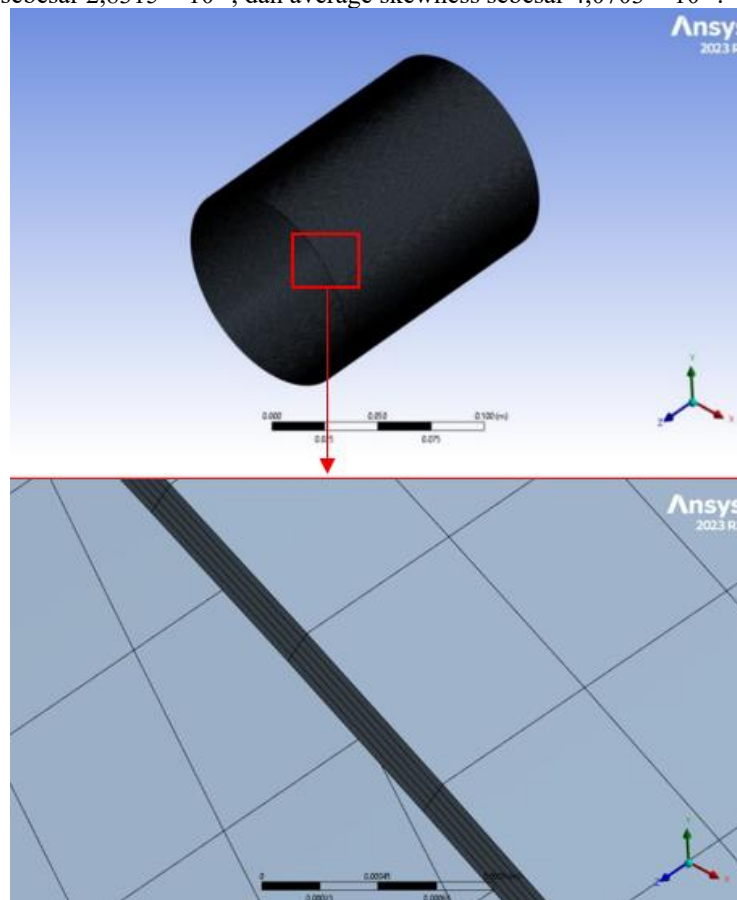
Batas	Kondisi Batas	Kondisi
<i>Inlet</i>	<i>Total Pressure Inlet</i>	0 MPa, 300K
<i>Outlet</i>	<i>Opening Pressure Outlet</i>	0 MPa, 300 K
<i>Moving Wall</i>	<i>No-slip Moving Wall</i>	0 MPa, 300 K, 48 rad/s, 50 W/m ² K, 300 K
<i>Stationary Wall</i>	<i>No-slip Stationary Wall</i>	50 W/m ² K, 300 K



Gambar 3. Kondisi Batas Fluida (A) *static wall* (B) *moving wall* (C) *inlet* dan (D) *outlet*.

2.2 Meshing

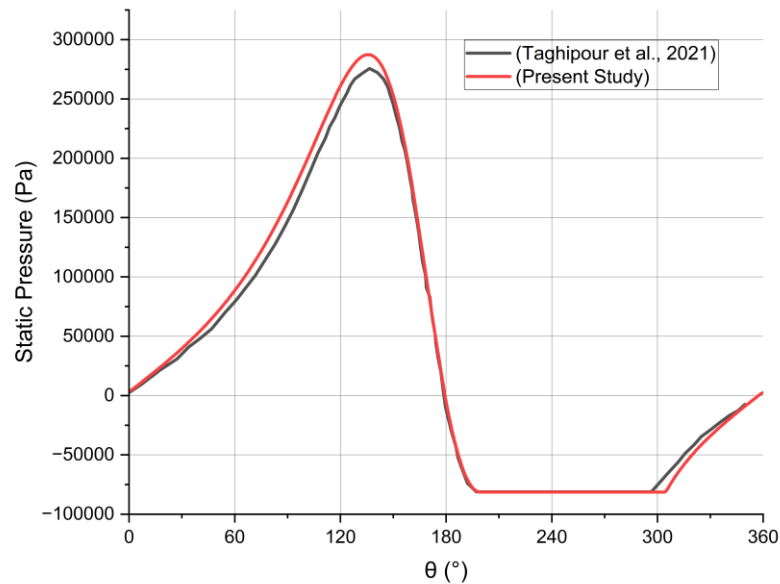
Pemodelan geometri dan proses *meshing* dilakukan menggunakan ANSYS Meshing Editor pada perangkat lunak ANSYS 2023 R1. Jenis *meshing* menggunakan *hexahedral*. Metode *multizone*, dengan *body sizing* dan *face sizing*. Nilai minimum orthogonality pada mesh adalah 0,85302, sedangkan maximum orthogonality mencapai 0,99999. Jumlah elemen yang digunakan dalam proses meshing adalah sebanyak 327.020 elemen. Selain itu, nilai maximum skewness sebesar 0,34966, minimum skewness sebesar $2,8315 \times 10^{-3}$, dan average skewness sebesar $4,0703 \times 10^{-2}$.



Gambar 4. *Meshing* Simulasi

2.3 Validasi

Validasi simulasi mengacu pada penelitian Taghipour et al. [12], dan diperoleh *error* pada nilai *maximum pressure* sebesar 3,6%. Data perbandingan hasil simulasi dan *paper* acuan untuk validasi dapat dilihat pada Gambar 4.

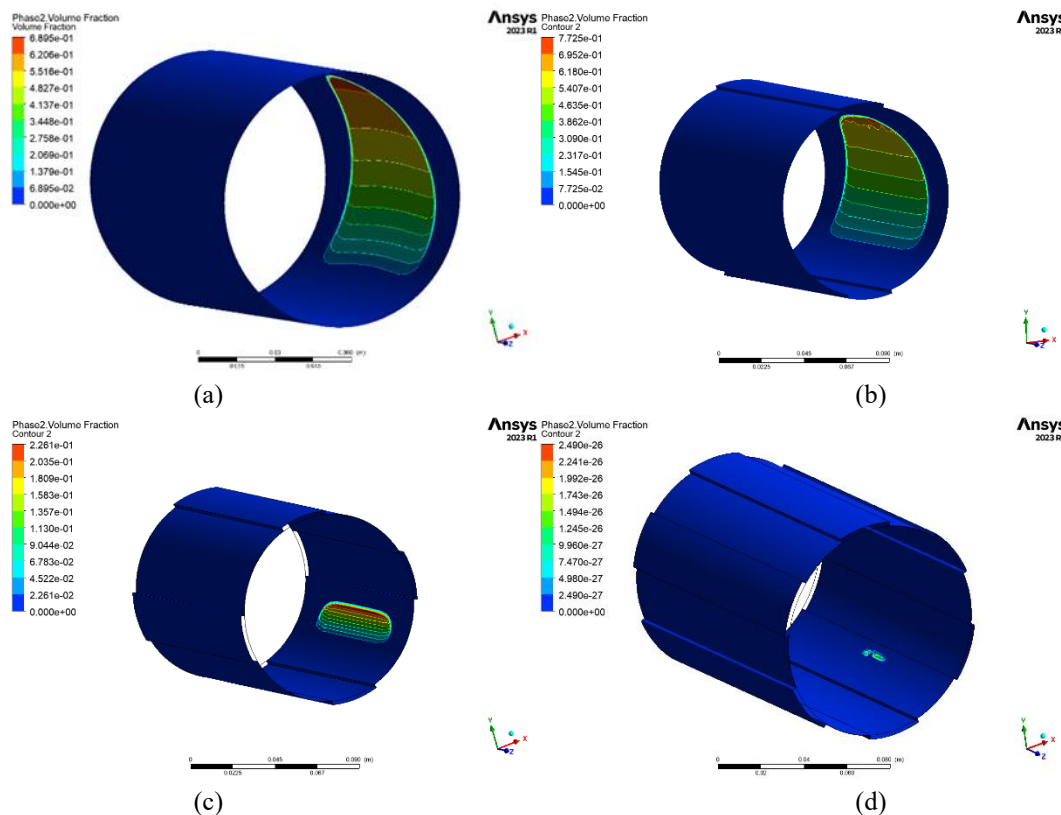


Gambar 5. Grafik Tekanan dengan $\varepsilon = 0,6$; pada kecepatan 48 rad/s Taghipour et al. (2021) dan *Present Study*.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi, berikut kontur perbandingan kavitasi pada *plain* dan *multistep journal bearing*.

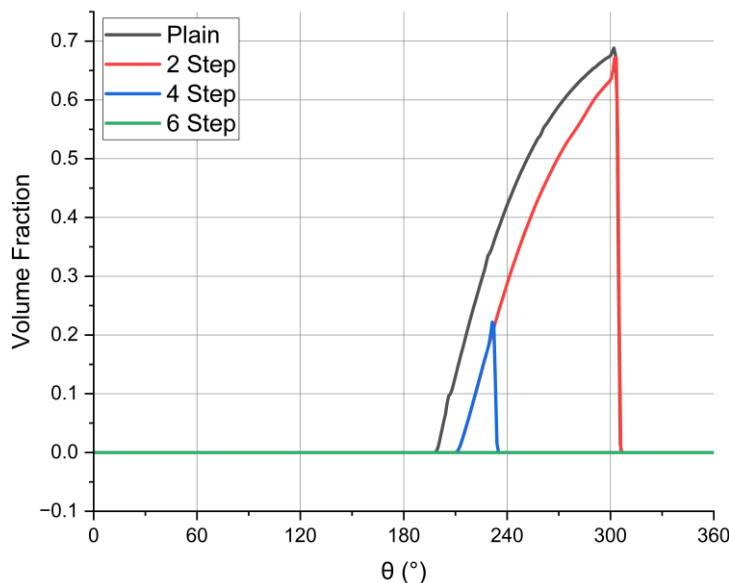


Gambar 6. Kontur Distribusi *Volume Fraction of Vapour Journal Bearing* (a) *plain*, (b) *2 step*, (c) *4 step*, dan (d) *6 step*

Berdasarkan kontur volume fraction of vapour dan grafik distribusi terhadap sudut keliling, pembentukan fase uap (kavitasi) terutama terjadi pada daerah divergen setelah zona tekanan maksimum. erdasarkan kontur volume fraction of vapour dan grafik distribusi terhadap sudut keliling, pembentukan fase uap (kavitasi) terutama terjadi pada daerah divergen

setelah zona tekanan maksimum. Plain *journal bearing* menunjukkan intensitas kavitasi tertinggi. Pada 2 *step bearing*, pola kavitasi masih serupa namun dengan nilai fraksi volume uap yang lebih rendah. Pada 4 *step bearing*, kavitasi hanya muncul pada rentang sudut sempit sekitar 220°–240°, menunjukkan bahwa kavitasi menjadi lebih terbatas. Sementara itu, pada 6 *step bearing*, fraksi volume uap hampir nol di seluruh sudut sehingga kavitasi tidak terjadi secara signifikan.

Secara keseluruhan, peningkatan jumlah step pada *journal bearing* efektif menekan pembentukan fase uap dengan memodifikasi distribusi tekanan lokal dan mengurangi zona tekanan rendah yang memicu kavitasi. Distribusi *volume fraction of vapour* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 7. Grafik *Volume Fraction of Vapour Journal Bearing*; $\omega = 48$ rad/s Geometri plain, 2 step, 4 step, dan 6 step *Journal Bearing*

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis pembentukan fraksi volume uap (kavitasi) pada *journal bearing* dengan variasi jumlah step melalui pengamatan kontur *volume fraction of vapour* dan distribusinya terhadap sudut keliling. Pengaruh jumlah step terhadap perilaku kavitasi kemudian dievaluasi. Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini:

1. Kavitasi terutama terjadi pada daerah divergen setelah zona tekanan maksimum. Plain *journal bearing* menunjukkan nilai fraksi volume uap tertinggi sehingga memiliki intensitas kavitasi paling besar dibandingkan konfigurasi lainnya.
2. Penambahan tekstur step mulai mengurangi intensitas kavitasi. Pada 2 *step bearing*, pola kavitasi masih menyerupai plain bearing, namun dengan nilai maksimum fraksi volume uap yang lebih rendah.
3. Peningkatan jumlah step semakin membatasi pembentukan kavitasi. Pada 4 *step bearing*, fraksi volume uap hanya muncul dalam rentang sudut sempit sekitar 220°–240°, sedangkan pada 6 *step bearing* fraksi volume uap mendekati nol di seluruh sudut keliling sehingga kavitasi hampir tidak terjadi.
4. Secara keseluruhan, peningkatan jumlah step pada *journal bearing* efektif menekan pembentukan fase uap dengan memodifikasi distribusi tekanan lokal, sehingga zona tekanan rendah ekstrem yang memicu kavitasi dapat diminimalkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Rejith R, Kesavan D, Chakravarthy P, Narayana Murty SVS. Bearings for aerospace applications. *Tribol Int* 2023;181. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108312>.
- [2] Breńkacz Ł, Witanowski Ł, Drońńska-Komor M, Szweczek-Krypa N. Research and applications of active bearings: A state-of-the-art review. *Mech Syst Signal Process* 2021;151. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107423>.
- [3] Keshk OA, ELGamal H, Mokhiemar O, Saleh AM. Numerical analysis and optimization of continuous texture geometries in thermo-hydrodynamic journal bearings. *Sci Rep* 2025;15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-28064-9>.
- [4] Galda L, Sep J, Olszewski A, Zochowski T. Experimental investigation into surface texture effect on journal bearings performance. *Tribol Int* 2019;136:372–84. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.03.073>.
- [5] Gropper D, Wang L, Harvey TJ. Hydrodynamic lubrication of textured surfaces: A review of modeling techniques and key findings. *Tribol Int* 2016;94:509–29. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.10.009>.
- [6] D.A. Bompos, P.G. Nikolakopoulos. Tribological design of a multistep journal bearing. *Simul Model Pract Theory* 2016;68:18–32.

- [7] Muchammad M, Tauviquirrahman M, Ega ADD, Setiyana B, Jamari J. Thermo-hydrodynamic Analysis of Multistep Journal Bearing using Computational Fluid Dynamics Simulation. *CFD Letters* 2023;15:117–34. <https://doi.org/10.37934/cfdl.15.12.117134>.
- [8] Muchammad, Fatmawati D, Tauviquirrahman M. Analisis elastohydrodynamic pengaruh pemberian tekstur multistep dengan material logam terhadap performa tribology journal bearing menggunakan metode computational fluid dynamics dan fluid-structure interaction. *Jurnal Teknik Mesin S-1* 2021;9:221–32.
- [9] Muchammad M, Wibowo DDP, Tauviquirrahman M, Setiyana B, Yohana E, Jamari J. Investigation of the influence of turbulence to tribological performance on smooth and multistep journal bearing with hydrodynamics simulation. *Front Mech Eng* 2022;8. <https://doi.org/10.3389/fmech.2022.946074>.
- [10] Fesanghary M, Khonsari MM. On the optimum groove shapes for load-carrying capacity enhancement in parallel flat surface bearings: Theory and experiment. *Tribol Int* 2013;67:254–62. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2013.08.001>.
- [11] Gao G, Yin Z, Jiang D, Zhang X. Numerical analysis of plain journal bearing under hydrodynamic lubrication by water. *Tribol Int* 2014;75:31–8. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2014.03.009>.
- [12] Taghipour Y, Akbarzadeh P, Moradgholi F, Eftekhari Yazdi M. Numerical study of the cavitation effect on plain bearings in constant and variable viscosity states. *Meccanica* 2021;56:2507–16. <https://doi.org/10.1007/s11012-021-01391-7>.
- [13] Chen Y, Feng J, Sun Y, Peng X, Dai Q, Yu C. Effect of groove shape on the hydrodynamic lubrication of journal bearing considering cavitation. *Engineering Computations (Swansea, Wales)* 2019;37:1557–76. <https://doi.org/10.1108/EC-06-2019-0287>.