

# ANALISIS *ELASTOHYDRODYNAMIC* PENGARUH PEMBERIAN TEKSTUR *MULTISTEP* DENGAN MATERIAL LOGAM TERHADAP PERFORMA *TRIBOLOGY JOURNAL BEARING* MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* DAN *FLUID-STRUCTURE INTERACTION*

\***Muchammad<sup>1</sup>, Mohammad Tauviqirrahman<sup>1</sup>, Defi Fatmawati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: [defi.fatmawati9c@gmail.com](mailto:defi.fatmawati9c@gmail.com)

## Abstrak

*Bearing* digunakan untuk mencegah gesekan antar bagian selama gerakan relatif. Fungsi utama bearing adalah untuk membawa beban antara rotor dan kasing dengan keausan sesedikit mungkin. Dalam industri, penggunaan *journal bearing* dikhususkan untuk memutar mesin baik kecepatan rendah maupun tinggi. *Multistep journal bearing* adalah model tekstur yang sederhana dibanding dengan tekstur yang lainnya. Bila dibandingkan dengan pemberian *micro-texture* yang memerlukan banyak lekukan yang rapat, model ini lebih sederhana karena hanya terdiri dari sedikit lekukan akan tetapi dengan radius yang lebih panjang dapat meningkatkan kemampuan menyimpan fluida pelumas untuk *bearing*. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis *elastohydrodynamic* pengaruh pemberian tekstur *multistep* terhadap performa *tribology journal bearing* dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dan *Fluid Structure Interaction* (FSI). Pada variasi pemodelan tinggi geometri *multistep journal bearing* akan menurunkan nilai *average dB*, pada parameter *load carrying capacity* hasil yang didapat dimana *smooth journal bearing* memiliki nilai LCC paling tinggi, dan dengan penambahan *multistep* pada *journal bearing* akan menurunkan *friction force*.

**Kata kunci:** *groove*; kavitasi; *multistep journal bearing*

## Abstract

*Bearings* are used to prevent friction between parts during relative motion. The main function of the bearing is to carry the load between the rotor and the case with as little wear as possible. In industry, the use of *journal bearings* is devoted to rotating machines at both low and high speeds. *Multistep journal bearing* is a simple texture model compared to other textures. When compared with *micro-textures* that require a lot of tight curves, this model is simpler because it only consists of a few curves but with a longer radius it can increase the ability to store lubricating fluid for bearings. In this study, an *elastohydrodynamic* analysis of the effect of *multistep texture* on the performance of *tribology journal bearings* will be carried out using the *Computational Fluid Dynamics* (CFD) and *Fluid Structure Interaction* (FSI) methods. In the variation of the *multistep journal bearing geometry height modeling*, will reduce the *average dB* value, in the *load carrying capacity* parameter the results obtained where the *smooth journal bearing* has the highest LCC value, and with the addition of *multistep* on the *journal bearing* it will reduce the *friction force*.

**Keywords:** *groove*; cavitation; *multistep journal bearing*

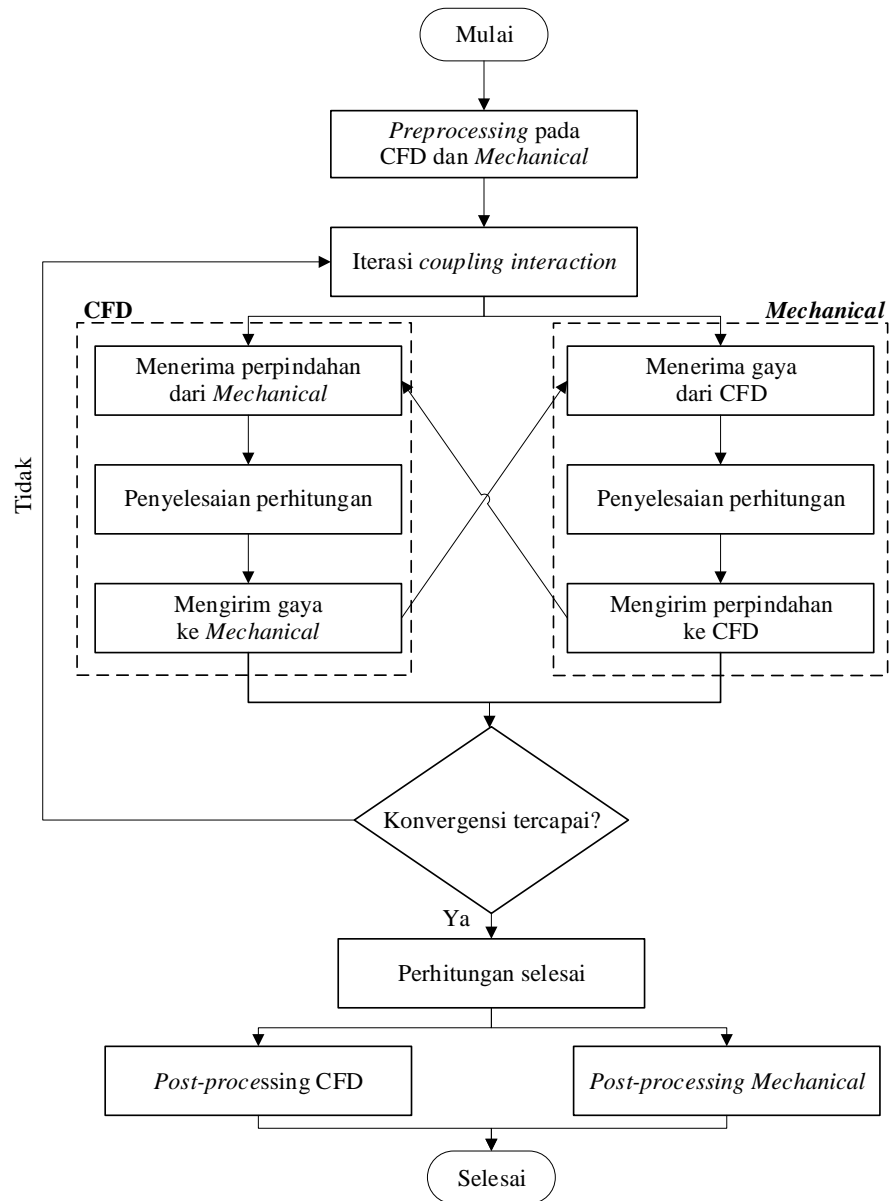
## 1. Pendahuluan

*Journal bearing* merupakan satu diantara elemen mesin dari berbagai jenis industri dimana aplikasinya sebagai penahan poros yang berputar [1]. Fungsinya menahan beban antara rotor dan kasing dengan keausan yang sangat kecil [2]. Pada kecepatan tinggi, akan menaikkan suhu yang menurunkan viskositas pelumas karena panas yang dihasilkan akibat laju geser yang besar dalam film pelumas [3]. Ilmuan di bidang nanomechanics dan biomimetics mempertimbangkan modifikasi permukaan *bearing* dan pengaplikasiannya [4].

*Multistep journal bearing* merupakan pemodelan tekstur yang paling sederhana jika dibandingkan tekstur yang lainnya [5]. *Multistep journal bearing* memakai tekanan fluida yang terbentuk karena ada kecepatan pada dinding poros [6]. Sebagian literatur yang memodelkan adanya kavitasi saat tekanan pada lapisan fluida turun pada tingkat tertentu [7]. Menurut Li, dkk. [8] kavitasi menghasilkan efek terhadap daya dukung beban dan performansi gesekan.

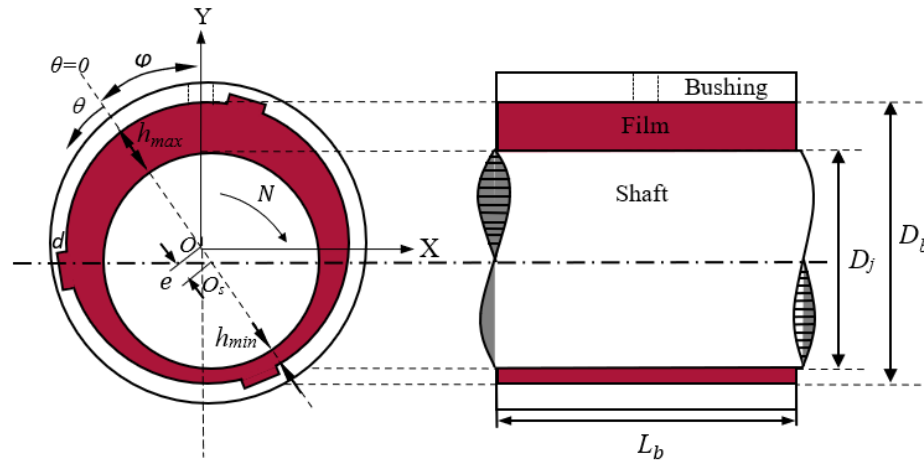
## 2. Dasar Teori dan Metodologi

*Fluid-Structure Interaction* (FSI) adalah metode yang dapat menggambarkan interaksi antara beberapa struktur elastis yang bergerak ataupun terdeformasi elastis akibat pengaruh dari aliran fluida internal maupun eksternal [9].



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode *Fluid-Structure Interaction* [10]

Pada penelitian ini membahas mengenai pengaruh pemberian tekstur *multistep* pada *journal bearing*. Jenis *multistep* yang digunakan berdasarkan *paper* Bompos dan Nikolakopoulos [5]. Selain sebagai penentu posisi sudut *multistep groove*, *paper* acuan digunakan juga sebagai referensi pada pembahasan hasil setelah dilakukannya simulasi.



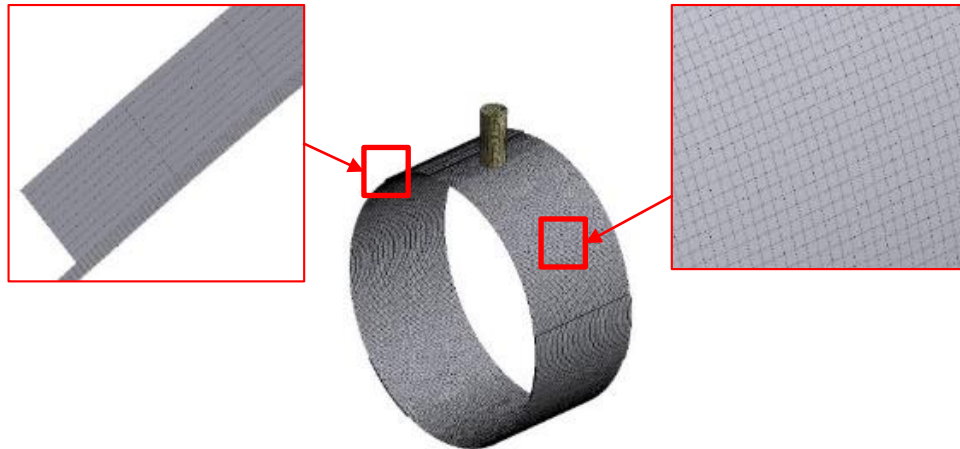
**Gambar 2.** Skema Geometri *Multistep Journal Bearing*

Parameter dari journal bearing, yaitu dimensi dan karakteristik fluida pelumasan diadopsi dari jurnal Dhande dan Pande [10]. Parameter journal bearing dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Parameter *Journal Bearing* [10]

Parameter <i>journal bearing</i>	Simbol	Nilai	Satuan
<i>Bearing</i>			
Diameter <i>journal</i>	$D_j$	50	mm
Diameter <i>bushing</i>	$D_b$	50,1	mm
Panjang <i>journal</i>	$L_b$	25	mm
Radial clearance	$c$	0,05	mm
Rasio eksentrisitas	$\varepsilon$	0,8	-
Attitude Angle	$\varphi$	35	°
Kecepatan putar poros	$\omega$	4.000	Rpm
Sudut busur <i>step</i>	$\gamma$	30	°
Sudut antara <i>step</i>	$\beta$	90	°
Panjang <i>groove</i>	$L_{groove}$	25	mm
Tinggi <i>groove</i>	$H_{groove}$	0,1; 0,2; 0,3; 0,4	mm
<i>Oil (10W40 SAE)</i>			
Massa jenis <i>oil liquid</i>	$\rho_o$	850	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas <i>oil liquid</i>	$\mu_o$	0,0125	Pa.s
Massa jenis <i>oil vapour</i>	$\rho_V$	10,95	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas <i>oil vapour</i>	$\mu_V$	$2 \times 10^{-5}$	Pa.s
Tekanan saturasi <i>vapour</i>	$P_{sat}$	29.185	Pa
<i>Shaft: Steel</i>			
Modulus elastis	$E_S$	210	GPa
Densitas	$\rho_S$	7.850	kg/m <sup>3</sup>
Poisson ratio	$\nu_S$	0,3	-
<i>Bushing: Aluminium</i>			
Modulus elastis	$E_A$	70	GPa
Densitas	$\rho_A$	2.700	kg/m <sup>3</sup>
Poisson ratio	$\nu_A$	0,334	-

Pada kasus validasi ini, geometri serta metode *meshing* menggunakan ANSYS *Meshing Editor* untuk dapat menghasilkan *meshing* pada ANSYS 19.2. Kualitas dari *meshing* dapat dilihat dari factor *skewness* dan jumlah *grid* yang dihasilkan.



**Gambar 3.** *Meshing Fluid Domain* pada *Multistep Groove Journal Bearing*

Poros *journal bearing* bergerak dengan kecepatan  $\omega$  relatif terhadap permukaan *bushing* yang diam. Simulasi dilakukan menggunakan kondisi batas *pressure-inlet* dan *pressure-outlet*. Kondisi batas yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kondisi Batas Pada Penelitian

<i>Domain</i>	<b>Kondisi batas</b>	<b>Condition</b>
<i>Fluid</i>	<i>Inlet</i>	<i>Pressure inlet</i> (0 Pa)
	<i>Outlet</i>	<i>Pressure outlet</i> (0 Pa)
<i>Solid</i>	<i>Stationary Wall</i>	-
	<i>Moving Wall</i>	4,000 rpm
	<i>Contact Pressure Stationary Wall</i>	<i>Fluid-Solid Interface - 1</i>
	<i>Contact Pressure Moving Wall</i>	<i>Fluid-Solid Interface - 2</i>

Pada penelitian ini menggunakan beberapa parameter untuk mengukur performa pelumasan pada *journal bearing* sebagai berikut.

- a. Daya dukung beban didefinisikan sebagai integral dari profil distribusi tekanan seluruh area *journal bearing* dan jumlah total beban yang dapat didukung oleh distribusi ketebalan film pada *bearing* [11].

$$W = \iint_A p dA \quad (2.1)$$

- b. Gaya gesek didefinisikan sebagai integral dari tegangan geser disepanjang permukaan *journal bearing* [11].

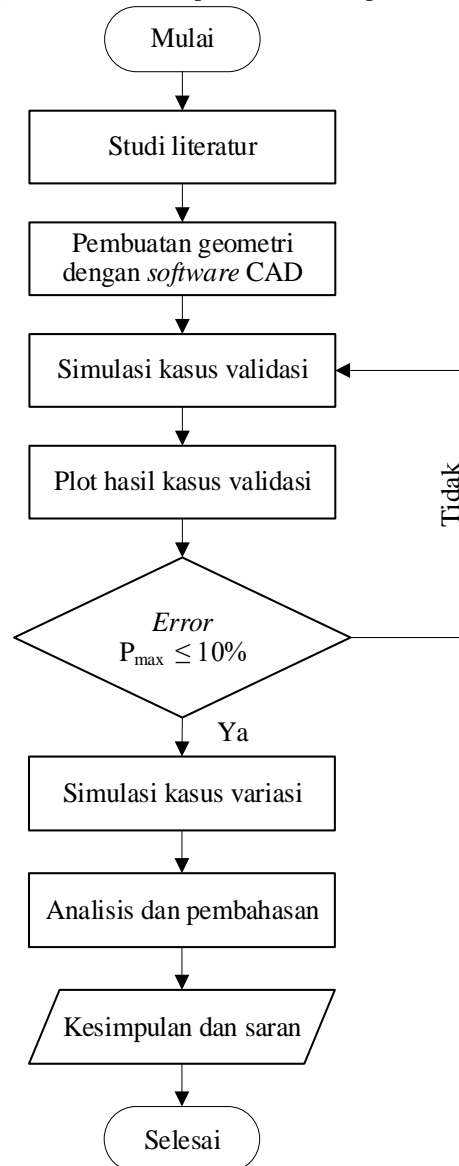
$$F_f = \iint_A \tau dA \quad (2.2)$$

- c. *Acoustic power level* dapat diketahui dengan memperhitungkan daya per satuan volume yang muncul akibat adanya aliran turbulensi fluida [11].

$$L_p(dB) = 10 \log(W / W_{ref}) \quad (2.3)$$

$$W = a_e \rho \varepsilon \left( \frac{\sqrt{2k}}{c_0} \right)^5 \quad (2.4)$$

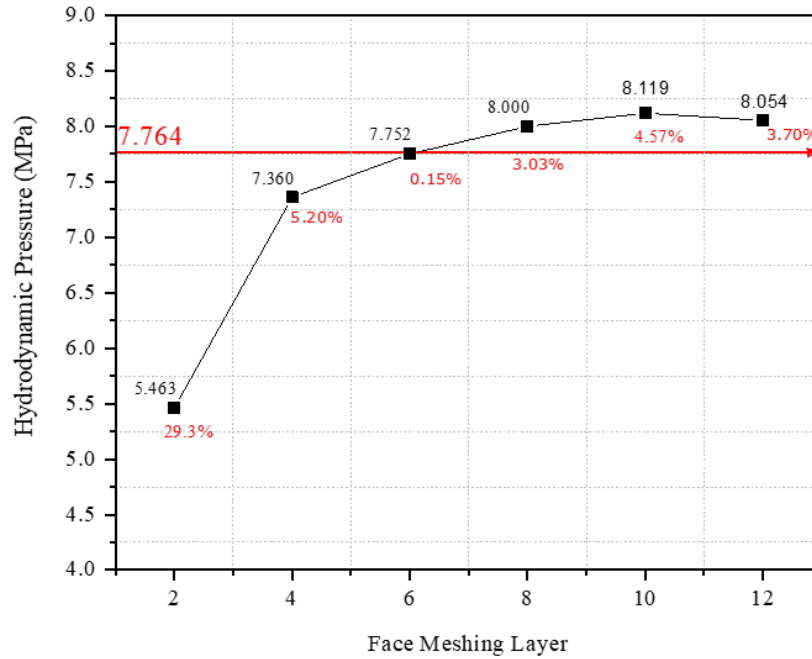
Diagram alir penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian

### 3. Analisis dan Pembahasan

Pada simulasi dengan rasio eksentrisitas 0,8 dan kecepatan poros 4.000 RPM, didapatkan hasil yang stabil dan dengan mempertimbangkan agar waktu komputasi yang lebih sedikit maka digunakan 6 *face layer*, hal ini menjadi acuan konfigurasi meshing yang akan digunakan pada simulasi selanjutnya.

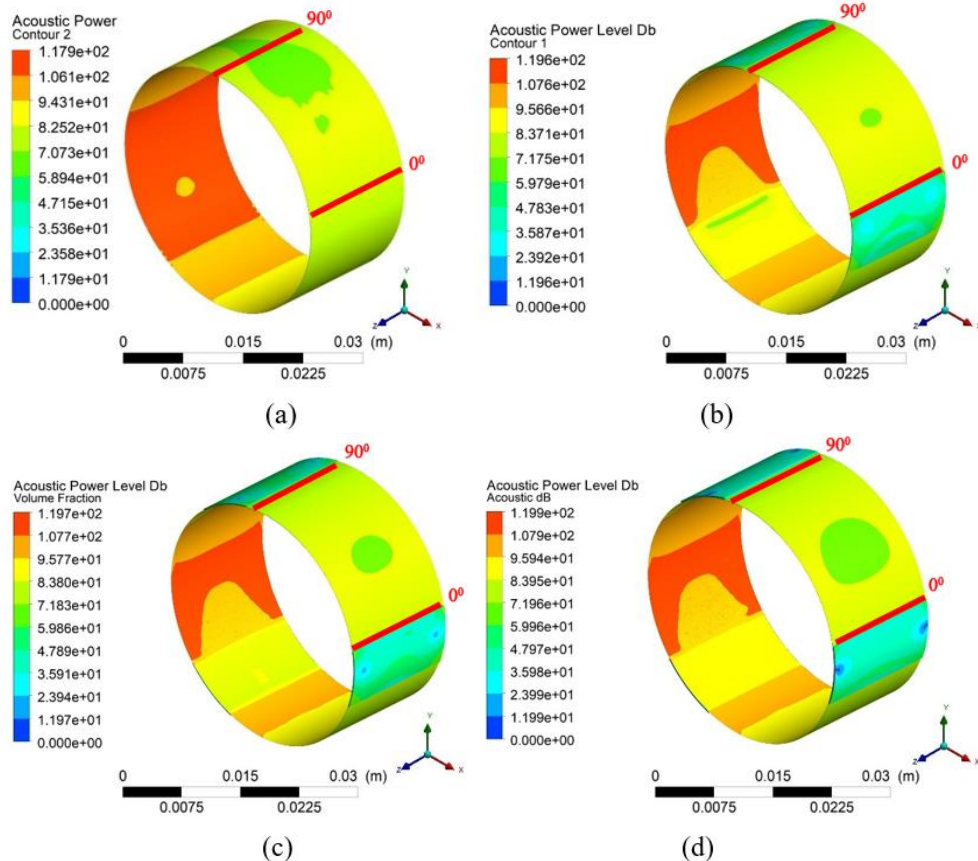


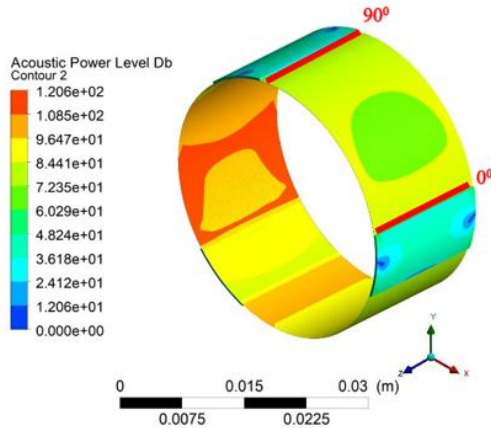
Gambar 5. Grid Independency Journal Bearing pada  $\varepsilon = 0,8$ , dengan kecepatan poros 4.000 RPM

3.1 Hasil Simulasi Tinggi *Multistep Groove* pada Performa *Journal Bearing* dengan Pemodelan Aliran Turbulen  
 Pada bab ini akan membahas peningkatan yang diberikan *multistep groove journal bearing* terhadap *plain journal bearing*. Peningkatan performa yang dibahas antara lain adalah *acoustic power level*, *load carrying capacity* dan *friction force*.

### 3.1.1 Acoustic Power Level

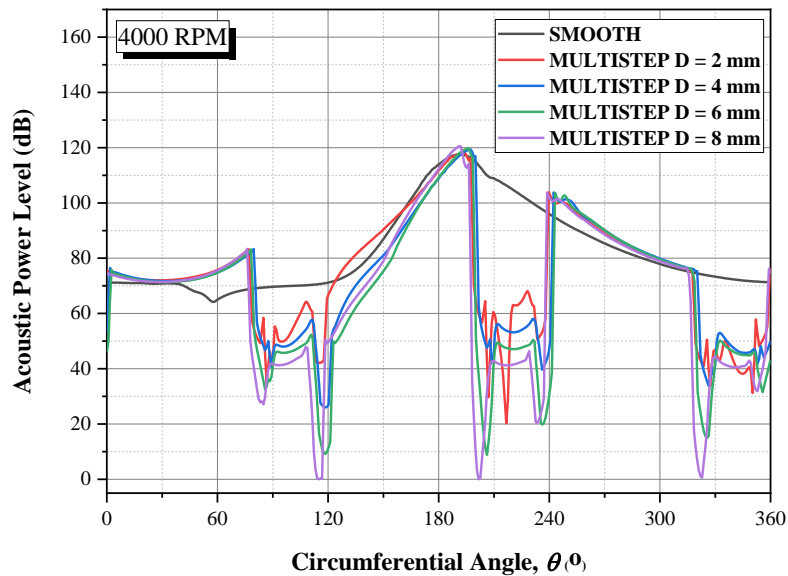
Dari kasus ini, fenomena yang perlu diperhatikan adalah pengaruh dari penambahan *multistep groove* pada *journal bearing* terhadap *acoustic power level* yang dihasilkan. Berikut adalah hasil dari simulasi.





(e)

**Gambar 6.** Kontur Distribusi *Acoustic Power Level Journal Bearing* dengan  $\varepsilon = 0,8$  dan  $\omega = 4.000$  RPM (a) *Smooth*; (b) Ketinggian *Groove* 0,1 mm; (c) Ketinggian *Groove* 0,2 mm; (d) Ketinggian *Groove* 0,3 mm; (e) Ketinggian *Groove* 0,4 mm



**Gambar 7.** Distribusi *Acoustic Power Level* pada *Multistep Groove & Smooth Journal Bearing*

Dapat dilihat dari Gambar 7 diatas, bahwa *multistep journal bearing* memiliki nilai *acoustic power level* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *smooth journal bearing* dengan pelumasan *elastohydrodynamics* pada rasio eksentrisitas ( $\varepsilon$ ) = 0,8 dan kecepatan putar ( $\omega$ ) = 4.000 RPM.

Dilihat pada Tabel 3 perhitungan average acoustic power level dengan *multistep journal bearing* memiliki nilai lebih rendah daripada *smooth journal bearing* yang disebabkan oleh pemberian *tekstur multistep* [12].

**Tabel 3.** Perbandingan *average acoustic power level* pada *journal bearing* dengan  $\varepsilon = 0,8$  dan  $\omega = 4.000$  RPM.

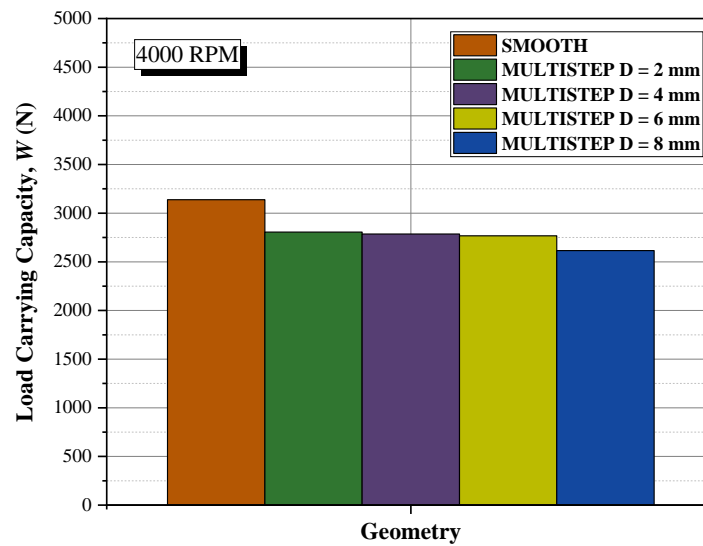
<i>Journal Bearing Geometry</i>	<i>Average Acoustic Power Level (dB)</i>
<i>Smooth Journal Bearing</i>	76,81
<i>Multistep Journal Bearing 0,1 mm</i>	64,76
<i>Multistep Journal Bearing 0,2 mm</i>	62,47
<i>Multistep Journal Bearing 0,3 mm</i>	58,99
<i>Multistep Journal Bearing 0,4 mm</i>	60,94

### 3.1.2 *Load Carrying Capacity*

Selain ditinjau dari nilai *acoustic power level*, performa pelumasan juga dapat dilihat dari *load carrying capacity* (LCC) yang dihasilkan dari perhitungan integral tekanan di seluruh permukaan lapisan fluida. Berikut merupakan grafik



batang *load carrying capacity* (LCC) yang ditunjukkan pada Gambar 8.

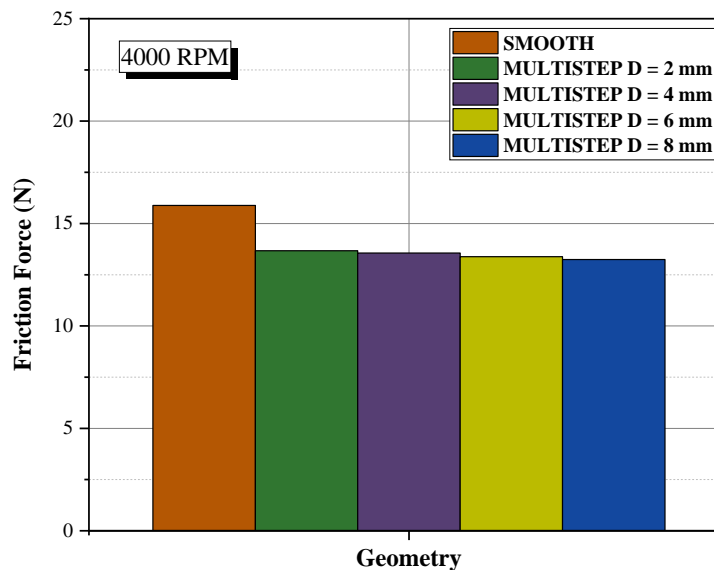


**Gambar 8.** Diagram Batang *Load Carrying Capacity Multistep Groove & Smooth Journal Bearing*

Dapat dilihat dari Gambar 8 diatas, bahwa diagram *load carrying capacity* (LCC) yang dihasilkan *multistep groove journal bearing* lebih rendah dibandingkan dengan *smooth journal bearing*. Hal ini menunjukkan penambahan *multistep groove* pada *journal bearing* menurunkan *load carrying capacity* (LCC) [1].

### 3.1.3 Friction Force

Performa pelumasan lainnya juga dapat dilihat dari *friction force* yang dihasilkan dari perhitungan integral tegangan geser di seluruh permukaan lapisan fluida.



**Gambar 9.** Diagram Batang *Friction Force* pada *Multistep Groove & Smooth Journal Bearing*

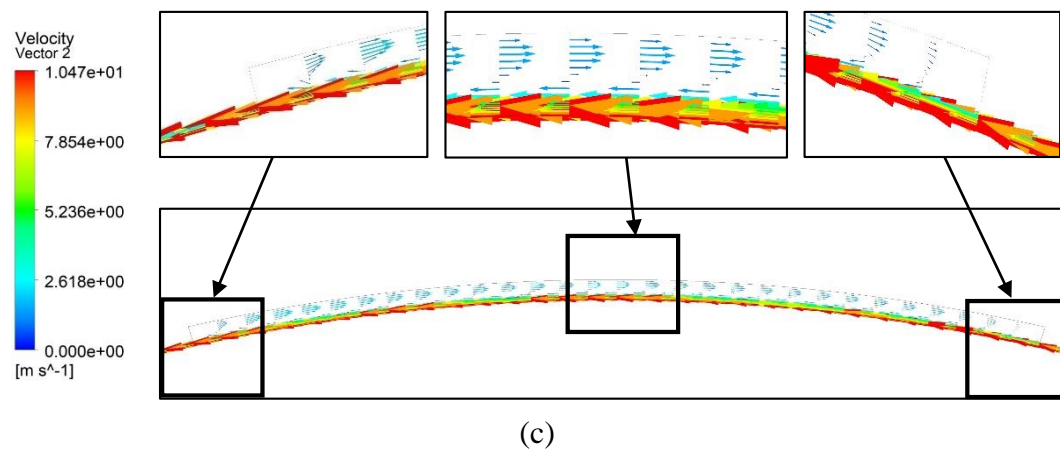
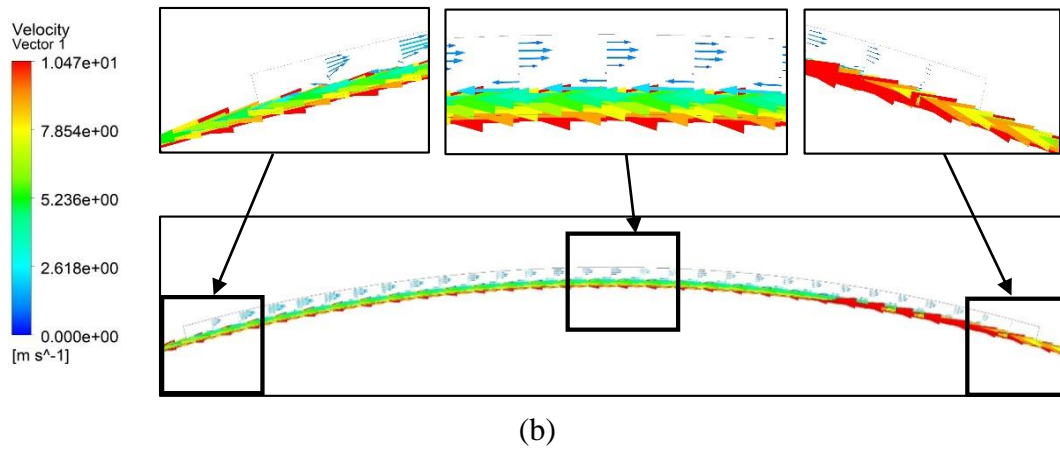
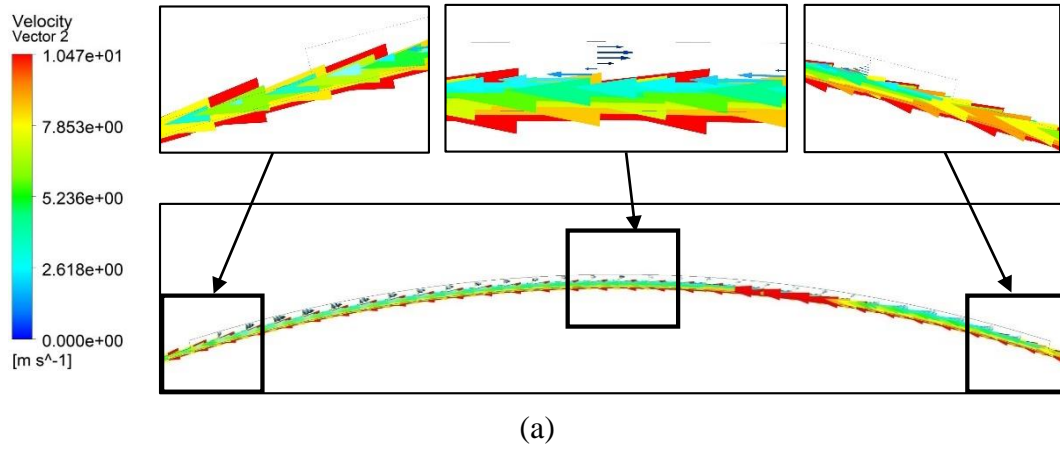
Dari diagram *friction force* dapat dilihat bahwa *multistep journal bearing* memiliki nilai *friction force* lebih rendah dibandingkan dengan *smooth journal bearing*. Hal ini menunjukkan penambahan *multistep groove* pada *journal bearing* menurunkan nilai *friction force*.

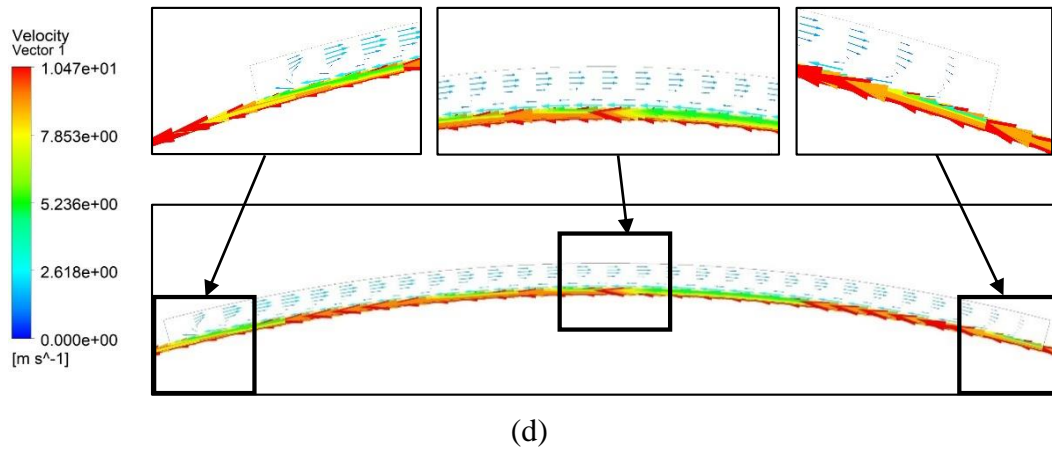
*Friction force* menjadi penting untuk ditinjau karena parameter ini berkaitan dengan *power losses* pada *journal bearing* [5]. *Improvement* akan terjadi ketika nilai *friction force* pada *journal bearing* mengalami penurunan nilai.

### 3.2 Analisis Profil Kecepatan pada *Smooth* dan *Multistep Journal Bearing*

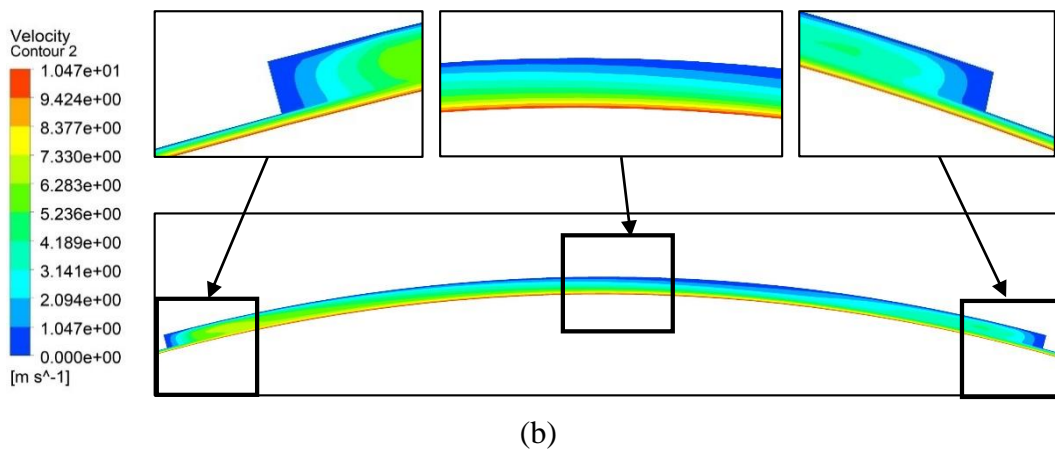
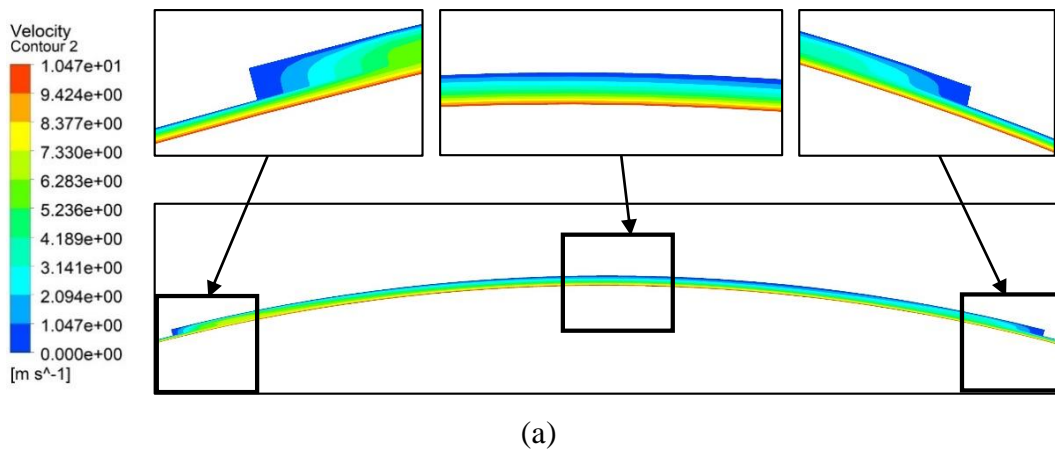
Peningkatan performa pada *multistep journal bearing* dapat dijelaskan melalui fenomena aliran yang terjadi di dalam masing-masing *step bearing*. Oleh karena itu pada sub bab ini akan membahas profil kecepatan pada masing-masing *step* dalam *multistep journal bearing*. Gambar 10 menunjukkan profil kecepatan dan Gambar 11 adalah kontur kecepatan pada masing-masing *step* pada *midplane bearing* rasio eksentrisitas  $\epsilon = 0.8$  dan kecepatan putar  $\omega = 4000$  RPM.

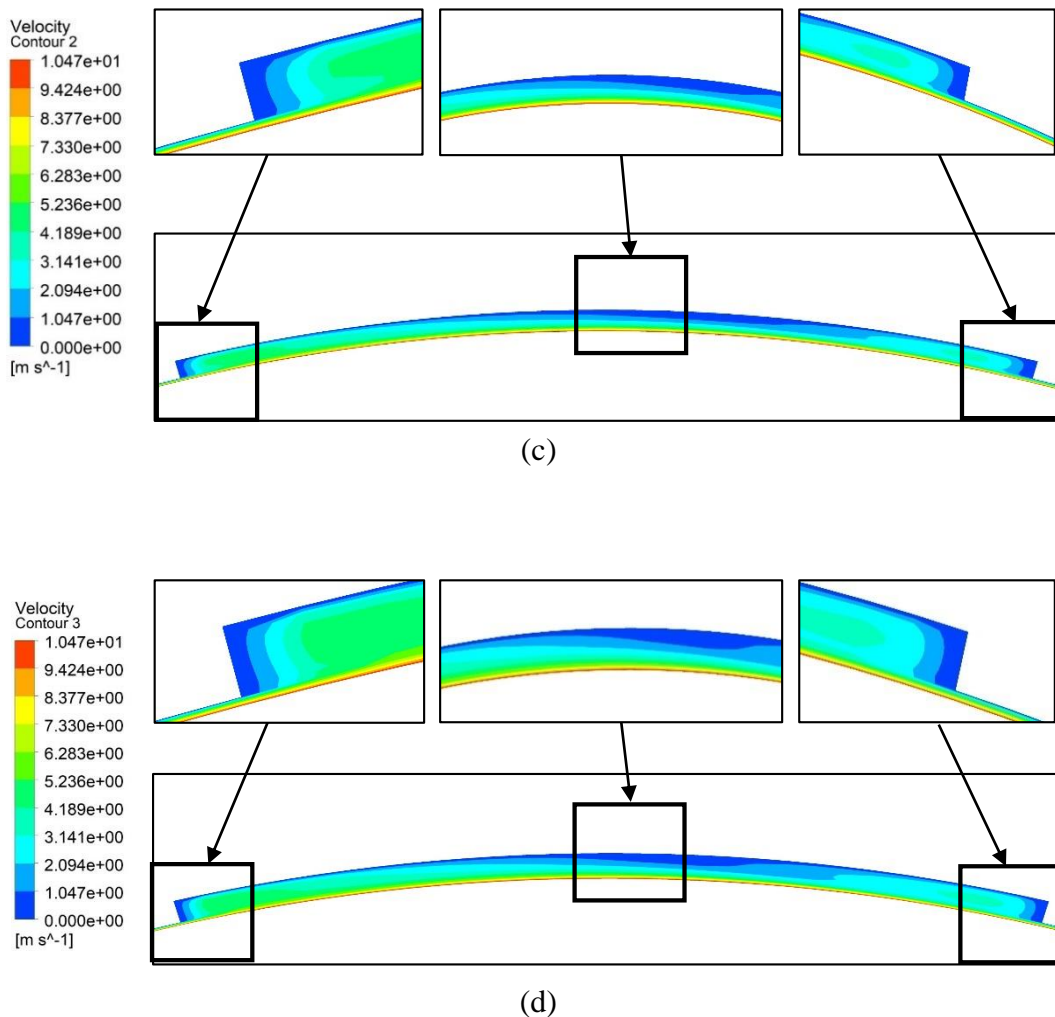






**Gambar 10.** Perbandingan Profil Vektor Kecepatan Aliran *Multistep Journal Bearing* dengan variasi tinggi *groove*; (a) 0,1 mm; (b) 0,2 mm; (c) 0,3 mm; dan (d) 0,4 mm





**Gambar 11.** Perbandingan Kontur Vektor Kecepatan Aliran *Multistep Journal Bearing* dengan variasi tinggi *groove*; (a) 0,1 mm; (b) 0,2 mm; (c) 0,3 mm; dan (d) 0,4 mm

#### 4. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan terkait dengan penelitian penelitian ini :

1. Pada rasio eksentrisitas  $\varepsilon = 0.8$  dan kecepatan putar  $\omega = 4000$  RPM, nilai perbandingan *average acoustic power level* dimana *smooth journal bearing* memiliki nilai tertinggi yaitu 76,81 dB dan nilai terendah pada *multistep groove journal bearing 0,3 mm* sebesar 58,99 dB.
2. Pada perhitungan *load carrying capacity* menunjukkan nilai LCC yang dihasilkan *multistep groove journal bearing* lebih rendah dibandingkan dengan *smooth journal bearing*.
3. Nilai perbandingan *friction force* pada *smooth journal bearing* dan *multistep groove journal bearing* mengalami peningkatan pada masing-masing tinggi *step* yaitu sebesar 13,91% untuk ketinggian *groove* 0,1 mm, 14,60% untuk ketinggian *groove* 0,2 mm, 15,74% untuk ketinggian *groove* 0,3 mm, dan 16,62% untuk ketinggian *groove* 0,4 mm.

#### 5. Referensi

- [1] Y. Chen, Y. Sun, Q. He, and J. Feng, "Elastohydrodynamic Behavior Analysis of Journal Bearing Using Fluid–Structure Interaction Considering Cavitation," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 44, no. 2, pp. 1305–1320, 2019, doi: 10.1007/s13369-018-3467-9.
- [2] E. Malcom and P. Leader, "Understanding Journal Bearings," *Applied Machinery Dynamics Co*, 2001. .
- [3] M. Sahu, A. K. Giri, and A. Das, "Thermohydrodynamic Analysis of a Journal Bearing Using CFD as a Tool," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 2, no. 9, pp. 1–7, 2012.

- [4] X. Lu and M. M. Khonsari, "An experimental investigation of dimple effect on the stribeck curve of journal bearings," *Tribol. Lett.*, vol. 27, no. 2, pp. 169–176, 2007, doi: 10.1007/s11249-007-9217-x.
- [5] D. A. Bompos and P. G. Nikolakopoulos, "Tribological design of a multistep journal bearing," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 68, pp. 18–32, 2016, doi: 10.1016/j.simpat.2016.07.002.
- [6] R. C. Juvinall and K. M. Marshek, *Fundamentals of Machine Component and Design*. 2012.
- [7] X. Shi and T. Ni, "Tribology International Effects of groove textures on fully lubricated sliding with cavitation," *Tribology Int.*, vol. 44, no. 12, pp. 2022–2028, 2011, doi: 10.1016/j.triboint.2011.08.018.
- [8] Q. Lin, Q. Bao, K. Li, M. M. Khonsari, and H. Zhao, "An investigation into the transient behavior of journal bearing with surface texture based on fluid-structure interaction approach," *Tribol. Int.*, vol. 118, pp. 246–255, 2018, doi: 10.1016/j.triboint.2017.09.026.
- [9] H. J. Bungartz and M. Schäfer, *Fluid-structure interaction: Modelling, Simulation, Optimisation*, vol. 53. 2006.
- [10] D. Y. Dhande and D. W. Pande, "A two-way FSI analysis of multiphase flow in hydrodynamic journal bearing with cavitation," *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 39, no. 9, pp. 3399–3412, 2017, doi: 10.1007/s40430-017-0750-8.
- [11] F. Meng, Z. Wei, D. Minggang, and G. Gao, "Study of acoustic performance of textured journal bearing," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol.*, vol. 230, no. 2, pp. 156–169, 2016, doi: 10.1177/1350650115594406.
- [12] F. M. Meng and W. Zhang, "Effects of Compound Groove Texture on Noise of Journal Bearing," *J. Tribol.*, vol. 140, no. 3, 2018, doi: 10.1115/1.4038353.