

## ANALISIS PENGARUH RASIO EKSENTRISITAS PADA PELUMASAN *ELASTOHYDRODYNAMIC MULTISTEP JOURNAL BEARING* MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* DAN *FLUID-STRUCTURE INTERACTION*

\* Farhansyah Savero<sup>1</sup>, Muchammad<sup>2</sup>, Mohammad Tauviqirrahman<sup>2</sup>

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

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

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

\*E-mail: farhansvero@students.undip.ac.id

### Abstrak

Journal bearing merupakan jenis bearing dimana kontak antar permukaan dalam *bearing* dengan *shaft* dipisahkan oleh fluida pelumas. Pemodelan pelumasan *elastohydrodynamic* merupakan pemodelan *journal bearing* yang mempertimbangkan efek deformasi pada bearing akibat tekanan yang dihasilkan dari efek *wedge* karena adanya eksentrisitas pada saat *shaft* berputar. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan *journal bearing* bertekstur *multistep* dengan pengaruh rasio eksentrisitas menggunakan perangkat lunak CFD. Hasil simulasi menunjukkan dengan adanya pengaruh tekstur *multistep* pada *journal bearing*, daya dukung beban meningkat pada rasio eksentrisitas rendah dan menurun pada rasio eksentrisitas tinggi, gaya gesek dan performa akustik menurun pada setiap rasio eksentrisitas.

**Kata kunci:** *computational fluid dynamics; multistep journal bearing; rasio eksentrisitas*

### Abstract

*Journal bearing is a type of bearing where the contact between the inner surface of the bearing and the shaft are separated by a lubricating fluid. Elastohydrodynamic lubrication modeling is a journal bearing modeling that considers the effect of deformation on the bearing due to the pressure generated from the wedge effect from eccentricity when the shaft rotates. In this study, multistep textured journal bearing modeling was carried out by considering the eccentricity ratio using CFD software. The simulation results show that with the effect of multistep texture on the journal bearing, the load carrying capacity increases at low eccentricity ratios and decreases at high eccentricity ratios, the friction force and acoustic power level decreases on each eccentricity ratio*

**Keywords:** *computational fluid dynamics; eccentricity ratio; multistep journal bearing*

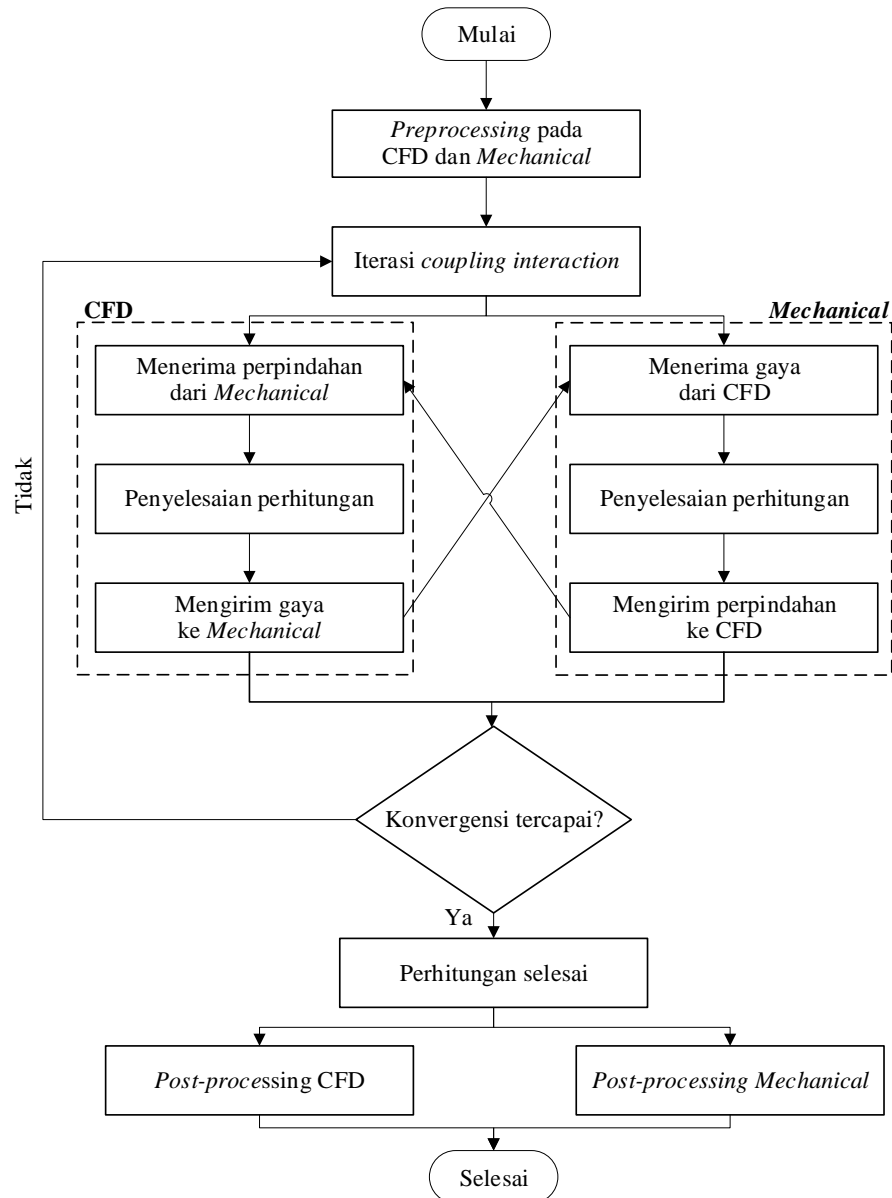
### 1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan yang tinggi untuk mesin industri yang efisien dan ekonomis telah menyebabkan peningkatan dramatis dalam permintaan mesin berkecepatan tinggi. Hal ini mengakibatkan peningkatan distribusi tekanan yang terjadi pada *journal bearing*. Pada kondisi operasi kecepatan tinggi, *journal bearing* akan mengalami distribusi tekanan tinggi yang menyebabkan permukaan bearing mengalami deformasi elastis. Deformasi elastis yang terjadi pada *journal bearing* akan mempengaruhi kinerja pelumasan yang terjadi pada saat *journal bearing* beroperasi [1].

Kavitasi dapat terjadi pada pelumasan *journal bearing* dikarenakan tekanan pelumas yang turun dibawah tekanan uap jenuhnya [2]. Jenis aliran fluida pada pelumasan *journal bearing* akan menjadi turbulen seiring meningkatnya kecepatan putaran [3]. Pemberian tekstur pada permukaan *journal bearing* dapat meningkatkan performa tribologi [4] [5] [6]. Model tekstur *multistep* adalah model tekstur *journal bearing* sederhana dibandingkan dengan tekstur lain yang keduanya memberikan peningkatan kinerja pelumasan di bawah kondisi rasio eksentrisitas dan kecepatan rotasi tertentu [7]. Letak dan jumlah tekstur step sangat mempengaruhi performansi, semakin banyak step maka performansi tribological akan semakin menurun [8]. Penggunaan rasio eksentrisitas 0,1 – 0,4 menunjukkan penurunan gaya gesek sehingga menghasilkan kinerja tribologi yang optimal [9].

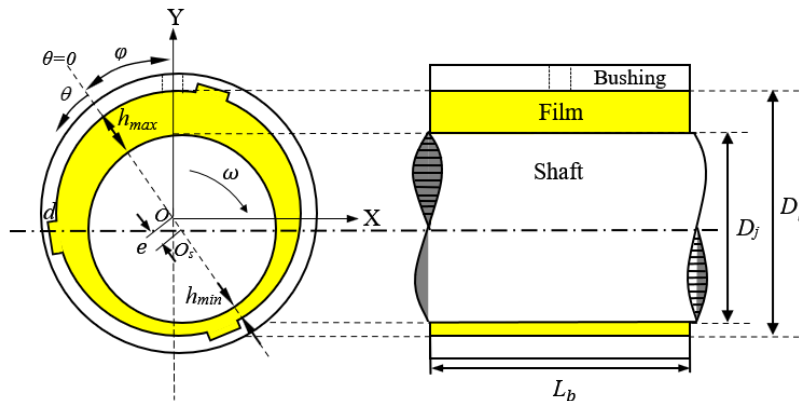
### 2. Dasar Teori dan Metodologi

*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 [2].



**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 [7]. 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* [2].

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	$\varepsilon$	0,2; 0,4; 0,6; 0,8	-
Attitude Angle	$\phi$	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>	$H_{groove}$	0,3	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 hasil *grid independency*.

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 simulasi.

Domain	Kondisi batas	Condition
Fluid	Inlet	Pressure inlet (0 Pa)
	Outlet	Pressure outlet (0 Pa)
	Stationary Wall	-
	Moving Wall	4.000 rpm
Solid	Contact Pressure Stationary Wall	Fluid-Solid Interface - 1
	Contact Pressure Moving Wall	Fluid-Solid Interface - 2

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].

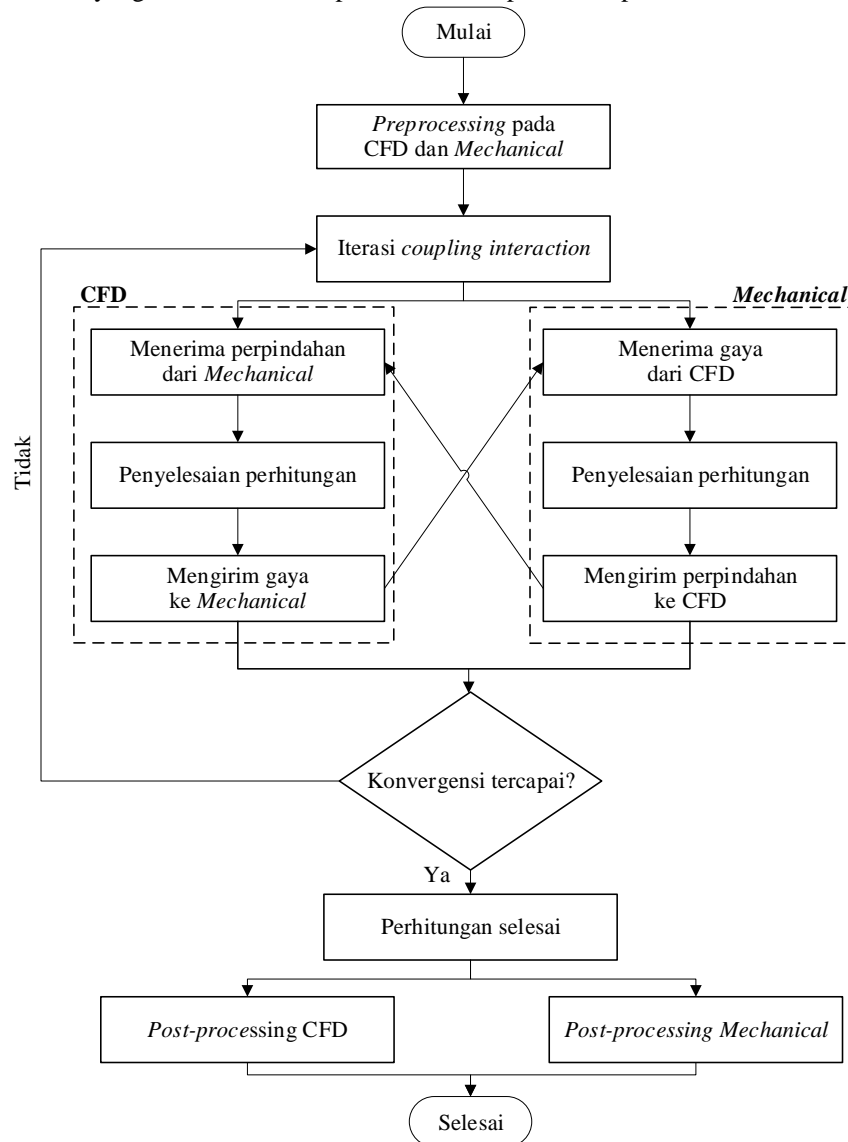
$$F_f = \iint_A \tau dA \quad (2.2)$$

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

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

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

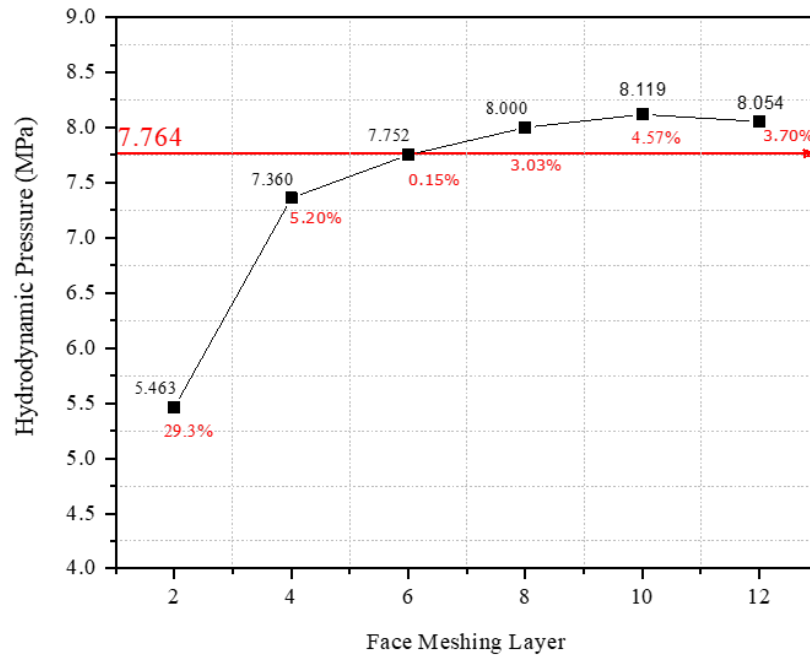
Diagram alir simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Simulasi.

### 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.



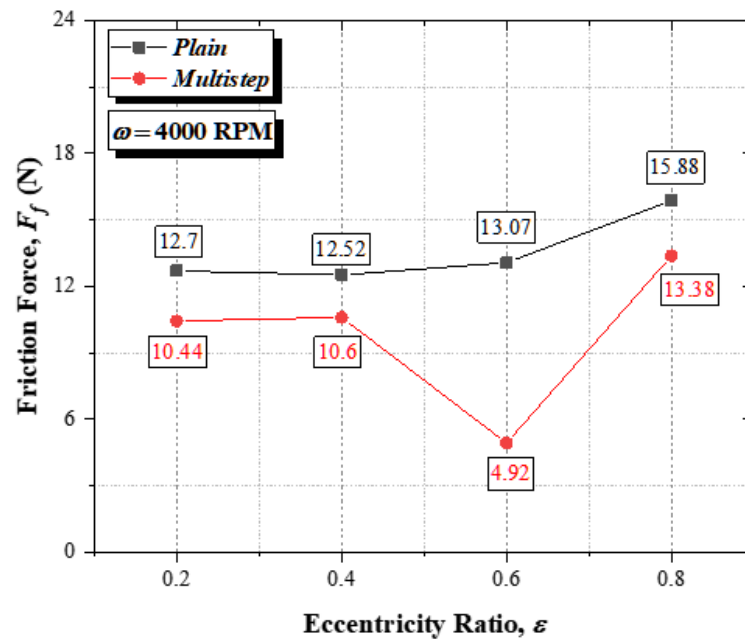
Gambar 4. Grid Independency Journal Bearing pada  $\epsilon = 0,8$ , dengan kecepatan poros 4.000 RPM.

#### 3.1 Hasil Simulasi *Multistep Groove* pada Performa *Journal Bearing* dengan Pemodelan Aliran Turbulen

Pada bab ini akan membahas pengaruh yang diberikan *multistep groove journal bearing* terhadap *smooth journal bearing*. Peningkatan performa yang dibahas antara lain adalah *friction force*, *load carrying capacity*, dan *average acoustic power level*.

##### 3.1.1 Friction Force

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



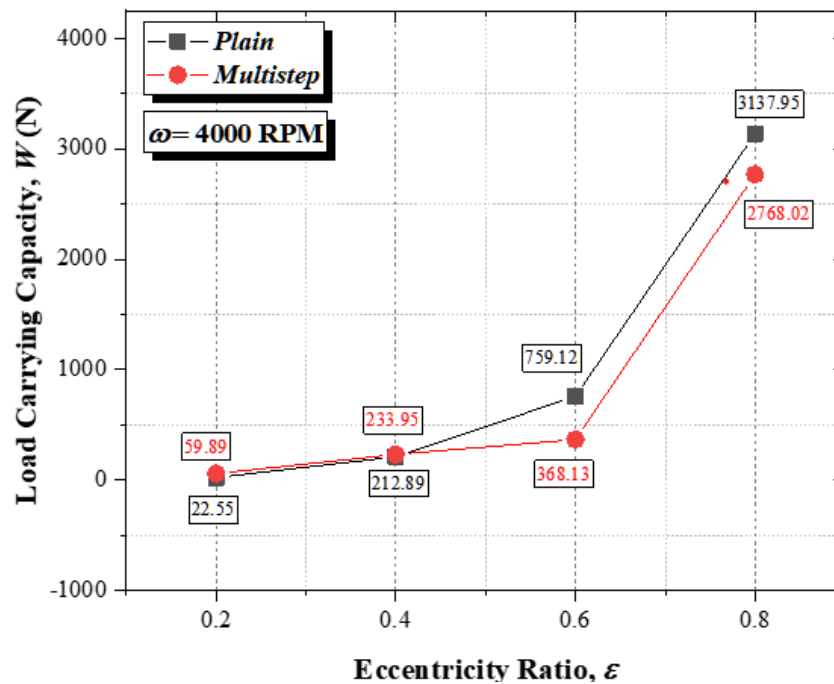
Gambar 5. Nilai Perbandingan *Friction Force Multistep Groove Journal Bearing* dengan *Plain Journal Bearing* pada Tiap Rasio Eksentrisitas

Dari nilai *friction force* dapat dilihat bahwa *multistep journal bearing* memiliki nilai *friction force* lebih rendah dibandingkan dengan *plain 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.

### 3.1.2 Load Carrying Capacity

Selain ditinjau dari nilai *friction force*, performa pelumasan juga dapat dilihat dari *load carrying capacity* (LCC) yang dihasilkan dari perhitungan integral tekanan di seluruh permukaan lapisan fluida. Berikut merupakan grafik *load carrying capacity* (LCC) yang ditunjukkan pada Gambar 6.

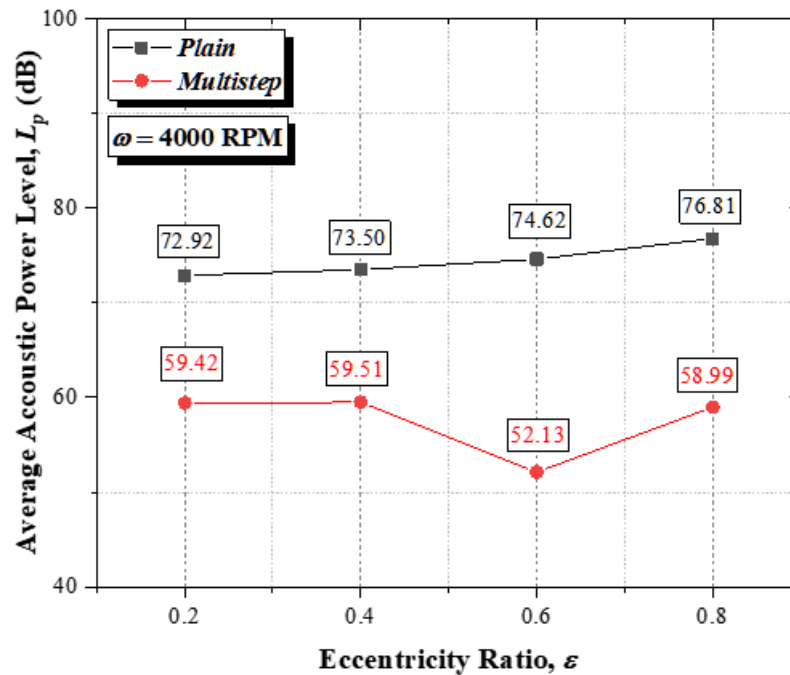


Gambar 6. Diagram Batang *Load Carrying Capacity Multistep Groove & Smooth Journal Bearing*.

Dapat dilihat dari Gambar 6 diatas, bahwa diagram *load carrying capacity* (LCC) yang dihasilkan *multistep groove journal bearing* lebih rendah dibandingkan dengan *plain journal bearing*. Hal ini menunjukkan penambahan *multistep groove* pada *journal bearing* menurunkan *load carrying capacity* (LCC) [5].

### 3.1.3 Average Acoustic Power Level (dB)

Performa pelumasan lainnya juga dapat dilihat dari *average acoustic power level* (dB). Berikut hasil yang didapatkan.



**Gambar 7.** Diagram Batang Average Acoustic Power Level (dB) pada Multistep Groove & Smooth Journal Bearing

Dari hasil *average acoustic power level* (dB) dapat dilihat bahwa *multistep journal bearing* memiliki nilai *average acoustic power level* (dB) lebih rendah dibandingkan dengan *plain journal bearing*. Hal ini menunjukkan penambahan *multistep groove* pada *journal bearing* menurunkan nilai *average acoustic power level* (dB).

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

#### 4. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan terkait dengan penelitian penelitian ini :

1. Pemberian *tekstur multistep* pada *journal bearing* akan mempengaruhi performa *tribology journal bearing*.
2. Pengaruh rasio eksentrisitas pada *journal bearing* mempengaruhi performa *tribology journal bearing*.

#### 5. Referensi

- [1] Lahmar, M., Ellagoune, S., & Bou-Saïd, B. (2010). Elastohydrodynamic lubrication analysis of a compliant journal bearing considering static and dynamic deformations of the bearing liner. *Tribology Transactions*, 53(3), 349-368.
- [2] Dhande, D. Y., & Pande, D. W. (2017). A two-way FSI analysis of multiphase flow in hydrodynamic journal bearing with cavitation. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 39(9), 3399-3412.
- [3] Lin, Q., Bao, Q., Li, K., Khonsari, M. M., & Zhao, H. (2018). An investigation into the transient behavior of journal bearing with surface texture based on fluid-structure interaction approach. *Tribology international*, 118, 246-255.
- [4] S. Cupillard, M. J. Cervantes, and S. Glavatskih, "A cfd study of a finite textured journal bearing," IAHR 24th Symp. Hydraul. Mach. Syst., 2008.
- [5] Y. Chen, J. Feng, Y. Sun, X. Peng, Q. Dai, and C. Yu, "Effect of groove shape on the hydrodynamic lubrication of journal bearing considering cavitation," *Eng. Comput. (Swansea, Wales)*, vol. 37, no. 5, pp. 1557–1576, 2020.
- [6] N. Tala-Ighil, M. Fillon, and P. Maspeyrot, "Effect of textured area on the performances of a hydrodynamic journal bearing," *Tribol. Int.*, vol. 44, no. 3, pp. 211–219, 2011.
- [7] Bompos, D. A., & Nikolakopoulos, P. G. (2016). Tribological design of a multistep journal bearing. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 68, 18-32.
- [8] X. Liang, Z. Liu, H. Wang, X. Zhou, and X. Zhou, "Hydrodynamic lubrication of partial textured sliding journal bearing based on three-dimensional CFD," *Ind. Lubr. Tribol.*, vol. 68, no. 1, pp. 106–115, 2016
- [9] Singh, N., & Awasthi, R. K. (2020). Theoretical investigation of surface texture effects on the performance characteristics of hydro-dynamic two-lobe journal bearing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 234(11), 1712-1725.

- 
- [10] H. J. Bungartz and M. Schäfer, Fluid-structure interaction: Modelling, Simulation, Optimisation, vol. 53. 2006.
- [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.