

Kaji Teoritik Distribusi Tekanan pada *Journal Bearing***Ali dan Rizqi Zarhan**

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

e-mail : ali@itenas.ac.id*Received 13 September 2023 | Revised 13 Desember 2023 | Accepted 05 Januari 2024***ABSTRAK**

Journal Bearing atau lebih dikenal dengan bantalan luncur merupakan suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak – baliknya dapat berlangsung dengan halus dan aman. Peneliti akan mengkaji secara teoritis distribusi tekanan pada journal bearing dengan mempertimbangkan berbagai variasi. Studi ini difokuskan pada analisis pengaruh variasi kecepatan putaran (1100, 1200, 1300, dan 1400 Rpm) dan variasi beban (5 Newton dan 10 Newton) terhadap distribusi tekanan dalam bearing. Selain itu, variasi rasio panjang terhadap diameter (l/d) dan rasio eksentrisitas juga menjadi fokus kajian. Pada penelitian ini digunakan persamaan Tekanan Sommerfeld dan juga solusi Ocvirk untuk melakukan perhitungan, Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan hasil perhitungan dan analisis distribusi tekanan dengan berbagai variasi untuk memberikan analisis yang akurat. Hasil yang diperoleh adalah semakin besar kecepatan putaran maka distribusi tekanan juga semakin besar. Sudut yang dihasilkan dari penetapan bilangan ocvrik menghasilkan rentang antara $140^\circ - 163^\circ$.

Kata kunci: Journal Bearing, Distribusi Tekanan, Solusi Ocvirk.**ABSTRACT**

Journal Bearing or better known as glide bearing is a machine element that serves to support the loaded shaft, so that the rotation or alternating movement can take place smoothly and safely. Researchers will theoretically examine the pressure distribution on journal bearings by considering various variations. This study is focused on analyzing the effect of rotation speed variations (1100, 1200, 1300, and 1400 Rpm) and load variations (5 Newton and 10 Newton) on the pressure distribution in the bearing. In addition, variations in length-to-diameter ratio (l/d) and eccentricity ratio are also the focus of the study. This research aims to present the results of the calculation and analysis of pressure distribution with various variations to analyzed how pressure distribution can be calculated in order to gain a better understanding of the performance of journal bearings. The result obtained is that the greater the rotation speed, the greater the pressure distribution. The angle resulting from determining the ocvric number produces a range between $140^\circ - 163^\circ$.

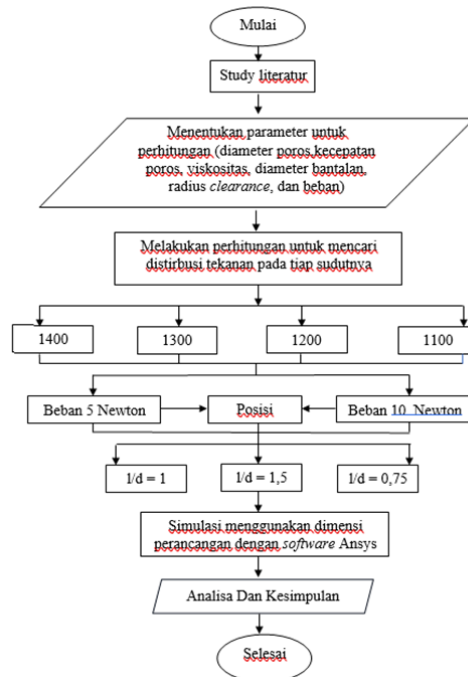
Keywords: Journal Bearing, Pressure Distribution, Ocvrik Solution.

1. Pendahuluan

Bantalan adalah elemen mesin yang mempunyai poros sehingga putaran atau gesekan bolak-baliknya dapat berlangsung secara teratur, aman dan tahan lama [1], [2], [3]. *Journal bearing* atau bantalan luncur merupakan salah satu komponen penting dalam mesin dan sistem mekanis [4], [5], [6]. Bantalan ini bertugas untuk menopang poros dan mengurangi gesekan antara poros dan dudukannya. Distribusi tekanan yang tepat di dalam *journal bearing* sangat penting untuk memastikan kinerja optimal, umur panjang, serta mencegah kerusakan pada komponen mesin yang terlibat [7]. Pada tahun 1904, Sommerfeld menemukan solusi untuk persamaan pada bantalan luncur dimana jika tekanan dihitung untuk rentang $\theta = 0$ sampai 2π , persamaan tersebut akan memberikan nilai tekanan negatif dari $\theta = \pi$ sampai 2π . Karena fluida tidak dapat menahan tekanan negatif yang besar tanpa kavitasi [8], persamaan tersebut biasanya dievaluasi hanya untuk rentang $\theta = 0$ sampai π sementara tekanan pada belahan sisi yang lain diasumsikan sebagai p_0 . Prosedur perhitungan bantalan jurnal dimulai dengan memilih dimensi bantalan, seperti diameter jurnal, panjang bantalan dan rasio *clearance*. Selain dimensi bantalan terdapat rasio eksentrisitas yang merupakan peran penting dalam hasil untuk mencari distribusi tekanan [9], [10]. Singkatnya untuk mengkaji teoritik distribusi tekanan pada *Journal Bearing* memiliki prosedur yang cukup rumit dimana semua faktor seperti dimensi bantalan, kondisi kerja yang terdiri dari kecepatan putaran rpm dengan beban Newton serta sifat fisik pelumas juga harus diperhitungkan.

Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk menyajikan hasil perhitungan dan analisis distribusi tekanan dengan berbagai variasi untuk memberikan ilustrasi tentang bagaimana distribusi tekanan dapat dihitung dan dianalisis supaya memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang kinerja bantalan luncur, menganalisis secara komprehensif konsep distribusi tekanan dalam bantalan luncur, serta mengembangkan metode perhitungan yang akurat dan valid untuk menentukan distribusi tekanan

2. Metodologi



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada tahap awal, parameter-parameter penting untuk *journal bearing* akan diidentifikasi, termasuk diameter dalam *bearing*, diameter luar *bearing*, panjang *bearing*, kecepatan putaran

dan beban. Setelah itu, dilakukan perhitungan untuk mencari rasio *clearance*, rasio l/d , menghitung nilai K serta nilai viskositas, lalu apabila perhitungan sudah terselesaikan maka hasil akhir berupa distribusi tekanan pada tiap sudutnya dapat terlihat.

Setelah perhitungan dilakukan selanjutnya peneliti melakukan perhitungan variasi kecepatan, beban, rasio l/d serta rasio eksentrisitasnya fungsi dari melakukan perhitungan variasi tersebut adalah untuk mendapatkan data dan informasi yang relevan dan akurat terkait dengan penelitian yang dilakukan. Hasil perhitungan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang hubungan antara variabel-variabel yang sedang diteliti, membantu dalam menguji hipotesis, dan mendukung penarikan kesimpulan yang lebih akurat berdasarkan data yang terkumpul. Selain itu, perhitungan ini juga untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik, kinerja, dan interaksi antara variabel-variabel yang sedang diteliti.

Adapun Simulasi digunakan sebagai materi pendukung yang dilakukan oleh peneliti dalam melakukan perhitungan distribusi tekanan pada *journal bearing* guna melihat kontur atau gambaran distribusi tekanan di tiap sudutnya dari sudut $\theta = 0 - 2\pi$. Adapun hasil nilai dari besarnya distribusi tekanan di tiap sudutnya dengan nantinya diberi berbagai variasi tetap mengacu terhadap perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Setelah semua tahapan sudah dilaksanakan peneliti melakukan Analisis dan kesimpulan terkait semua perhitungan yang sudah dilaksanakan hal ini juga merupakan sebagai *output* atau capaian yang dituju dalam penelitian ini.

Metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada teori pelumasan hidrodinamik yang dikemukakan oleh Sommerfeld pada tahun 1904 dengan persamaan :

$$P = \frac{\eta U r}{C r^2} \left[\frac{6\epsilon(\sin\theta)(2 + \epsilon \cos\theta)}{(2 + \epsilon^2)(1 + \epsilon \cos\theta)^2} \right] + p_0 \quad (1)$$

Solusi *long bearing* yang dikemukakan oleh sommerfeld ini mengasumsikan bahwa tidak ada kebocoran pelumas samping pada bantalan, namun dalam dunia modern ini kebocoran samping dapat menjadi faktor yang sangat signifikan oleh karena itu Ocvirk dan Dubois memecahkan persamaan yang melibatkan faktor kebocoran samping dengan persamaan :

$$P = \frac{\eta U}{r c r^2} \left(\frac{l^2}{4} - z^2 \right) \frac{3(\epsilon) \sin(\theta^\circ)}{(1 + (\epsilon) \cos(\theta^\circ))^3} \quad (2)$$

Solusi tersebut memberikan tekanan P pada lapisan pelumas sebagai fungsi posisi *angular* θ sekeliling bantalan untuk dimensi tertentu dari radius *journal* r , rasio *clearance* cr , rasio eksentrisitas ϵ , kecepatan permukaan U , dan Viskositas η

Distribusi tekanan P bervariasi secara nonlinear pada seluruh θ dan nilai dari θ_{\max} pada P_{\max} dapat dihitung dengan persamaan :

$$\theta_{\max} = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - \sqrt{1 + 24(\epsilon)^2}}{4(\epsilon)} \right) \quad (3)$$

Untuk nilai P_{\max} dapat ditemukan dengan mensubstitusikan $z = 0$ dan $\theta = \theta_{\max}$
Berikut variabel persamaan yang digunakan :

$$U = \pi d n' \quad (4)$$

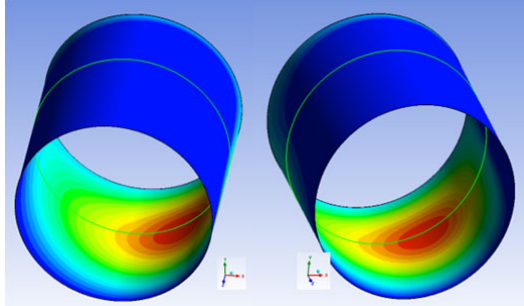
$$C_r = \frac{c d}{2} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{P C_r^2}{K U l^3} \quad (6)$$

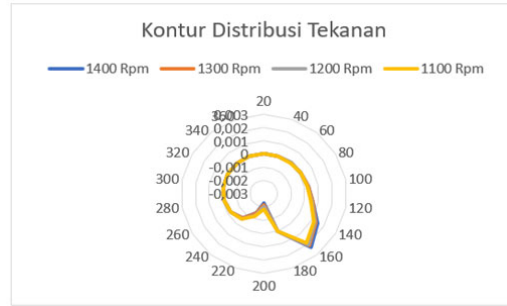
$$h_{\min} = C_r(1 - \varepsilon) \tag{7}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, peneliti menggunakan perhitungan metode numerik untuk melakukan perhitungan alat uji *journal bearing* guna mengetahui distribusi tekanannya. Setelah semua perhitungan selesai, kemudian peneliti dapat menggunakan grafik atau tabel untuk menggambarkan distribusi tekanan yang telah diperoleh. Dengan menggunakan metode numerik sebagai alat perhitungan yang merupakan pendekatan yang efektif untuk melakukan perhitungan alat uji *journal bearing* dan mendapatkan informasi tentang distribusi tekanannya. Hal Ini juga akan memudahkan peneliti untuk menganalisis dan memvisualisasikan hasil perhitungan, serta memungkinkan peneliti untuk melakukan iterasi dan variasi parameter dengan mudah.



Gambar 2 Kontur Distribusi Tekanan



Gambar 3 Kontur Distribusi Tekanan

Pada ilustrasi ini (Gambar 2), terlihat distribusi tekanan pada *journal bearing* mulai muncul sekitar sudut $\theta = 110^\circ$, ditandai oleh area berwarna hijau. Distribusi tekanan terus meningkat secara proporsional berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, tergambar dalam area berwarna kuning hingga mencapai puncak tekanan maksimum yang ditunjukkan oleh warna merah, berlokasi di kisaran sudut $\theta = 140^\circ - 160^\circ$ pada gambar tersebut digunakan kecepatan 1100 rpm dengan arah putaran searah jarum jam dan dimensi l/d 1.5 . Selanjutnya, terjadi penurunan tekanan yang tercermin dalam perubahan warna dari merah kembali ke kuning, hijau, dan akhirnya mencapai zona putih yang menandakan tekanan minimum. Perubahan selanjutnya dalam warna berganti menjadi biru sebagai indikasi area dengan tekanan negatif atau tidak ada tekanan, yang kemudian kembali lagi ke area dengan tekanan positif. Keterangan ini menggambarkan pola distribusi tekanan yang berulang dalam *journal bearing*.

Simulasi ini merupakan sebagai materi pendukung yang dilakukan oleh peneliti dalam melakukan perhitungan distribusi tekanan pada *journal bearing* guna melihat kontur atau gambaran posisi distribusi tekanan di tiap sudutnya dari sudut $\theta = 0 - 2\pi$. Adapun hasil nilai dari besarnya distribusi tekanan di tiap sudutnya dengan nantinya diberi berbagai variasi tetap mengacu terhadap perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 1 Distribusi Tekanan Pada Beban 5 Newton

RPM	Posisi Sudut																	
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
1400	1,2E-05	3E-05	6E-05	0,00012	0,00027	0,00063	0,00148	0,00232	1,4E-18	-0,002325	-0,00148	-0,000634	-0,00027	-0,000123	-6,01E-05	-2,97E-05	-1,25E-05	-8,27E-21
1300	1,2E-05	2,8E-05	5,6E-05	0,00011	0,00025	0,00059	0,00137	0,00216	1,3E-18	-0,002159	-0,00137	-0,000588	-0,00025	-0,000114	-5,58E-05	-2,76E-05	-1,16E-05	-7,68E-21
1200	1,1E-05	2,5E-05	5,2E-05	0,00011	0,00023	0,00054	0,00127	0,00199	1,2E-18	-0,001993	-0,00127	-0,000543	-0,00023	-0,000105	-5,15E-05	-2,55E-05	-1,07E-05	-7,08E-21
1100	9,8E-06	2,3E-05	4,7E-05	9,7E-05	0,00021	0,0005	0,00116	0,00183	1,1E-18	-0,001827	-0,00116	-0,000498	-0,00021	-9,65E-05	-4,72E-05	-2,34E-05	-9,8E-06	-6,49E-21

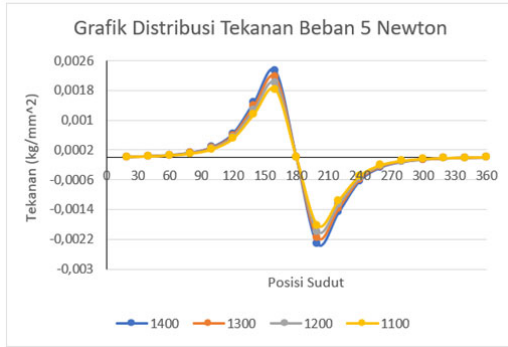
Tabel 2 Distribusi Tekanan Pada Beban 10 Newton

RPM	Posisi Sudut																	
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
1400	1,7E-05	4,04E-05	8,17E-05	0,000167	0,000365	0,000861	0,002008	0,003159	1,9E-18	-0,003159	-0,002008	-0,000861	-0,000365	-0,000167	-0,000082	-0,000040	-0,000017	-1,12E-20
1300	1,6E-05	3,8E-05	7,6E-05	0,00016	0,00034	0,0008	0,00186	0,00293	1,7E-18	-0,002933	-0,00186	-0,000799	-0,00034	-0,000155	-7,58E-05	-3,75E-05	-1,57E-05	-1,04E-20
1200	1,5E-05	3,5E-05	7E-05	0,00014	0,00031	0,00074	0,00172	0,00271	1,6E-18	-0,002707	-0,00172	-0,000738	-0,00031	-0,000143	-7E-05	-3,46E-05	-1,45E-05	-9,63E-21
1100	1,3E-05	3,2E-05	6,4E-05	0,00013	0,00029	0,00068	0,00158	0,00248	1,5E-18	-0,002482	-0,00158	-0,000676	-0,00029	-0,000131	-6,42E-05	-3,18E-05	-1,33E-05	-8,82E-21

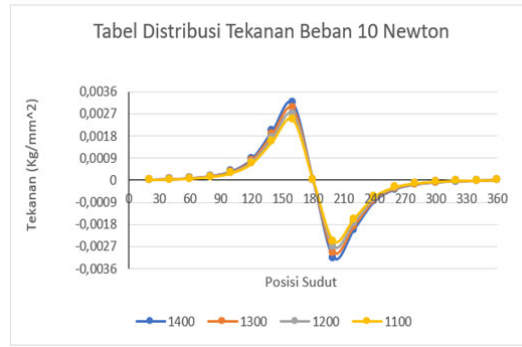
Pada tabel (1), distribusi tekanan dengan beban 5 Newton dan variasi kecepatan 1100, 1200, 1300, 1400 rpm ini menjelaskan distribusi tekanan pada tiap sudutnya dimana tekanan

maksimum pada hasil perhitungan terjadi pada sudut 160°
 Pada tabel (2) distribusi tekanan dengan beban 10 Newton dan variasi kecepatan 1100, 1200, 1300, 1400 rpm ini menjelaskan peningkatan nilai dari distribusi tekanan pada tiap sudutnya hal ini menandakan semakin besar beban yang diberikan maka hasil nilai dari distribusinya berbanding lurus.

Adapun hasil grafik dari hasil perhitungan tertera pada grafik di bawah ini :



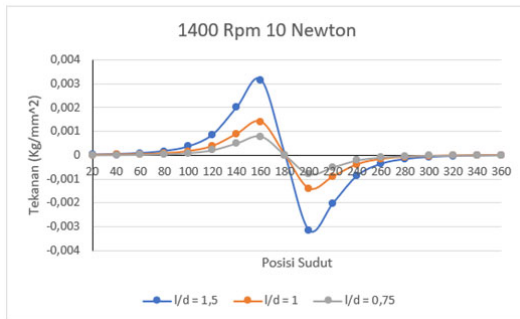
Grafik 1 Grafik Distribusi Tekanan 5 Newton



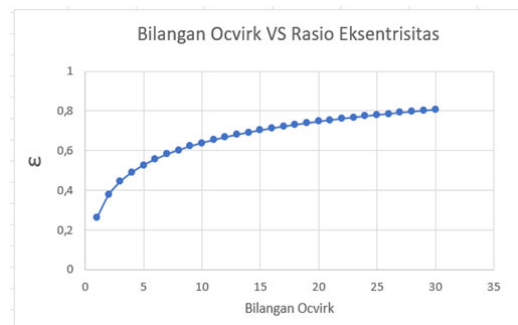
Grafik 2 Grafik Distribusi Tekanan 10 Newton

Hasil grafik (1) dari perhitungan pada variasi kecepatan 1400,1300,1200,1100 Rpm dengan beban 5 Newton menunjukkan nilai maksimum sebesar $0.0023 \frac{kg}{mm^2}$, $0.0022 \frac{kg}{mm^2}$, $0.002 \frac{kg}{mm^2}$, $0.0018 \frac{kg}{mm^2}$ dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar Rpm yang digunakan maka tekanan yang dihasilkan tiap sudutnya maka akan semakin besar.

Hasil grafik (2) dari perhitungan pada variasi kecepatan yang serupa dengan beban 10 Newton menunjukkan nilai maksimum sebesar $0.0046 \frac{kg}{mm^2}$, $0.0043 \frac{kg}{mm^2}$, $0.0039 \frac{kg}{mm^2}$, $0.0036 \frac{kg}{mm^2}$ hal ini juga menunjukan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka tekanan yang dihasilkan tiap sudutnya semakin besar.



Grafik 3 Rasio l/d



Grafik 4 Rasio Eksentrisitas

Pada hasil grafik (3) variasi rasio l/d menunjukkan bahwa semakin besar rasio l/d maka peningkatan pada distribusi tekanannya juga akan terlihat sangat signifikan, hal ini dapat terlihat pada grafik variasi rasio l/d dimana nilai terbesar (1.5) menunjukkan bentuk grafik yang “curam” namun pada grafik rasio l/d terkecil (0.75) menunjukkan bentuk grafik yang landai.

Pada hasil grafik (4) variasi rasio eksentrisitas terhadap bilangan ocvirk Semakin besar bilangan Ocvirk akan memberikan eksentrisitas, tekanan, lebih besar tetapi peningkatannya akan semakin kecil pada nilai bilangan Ocvirk yang semakin besar.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini dalam berbagai hasil dan analisi yang telah dilakukan yaitu :

- kecepatan putaran berpengaruh pada hasil distribusi tekanannya semakin besar kecepatan putarannya maka distribusi tekanannya juga semakin besar,
- Pemberian variasi beban memiliki hasil yang berbanding lurus pada tiap hasil distribusi tekanannya yaitu memiliki kenaikan sebesar 2x lipatnya dari beban 5 Newton ke 10 Newton,
- Terjadinya kenaikan tekanan secara signifikan mulai dari sudut 120° hingga ke area tekanan maksimum yaitu θ_{max} .
- θ_{max} yang dihasilkan dari penetapan bilangan ocvrik secara rata – rata akan menghasilkan sudut antara $140^\circ - 163^\circ$. Hasil ini juga akan menunjukkan bahwa tekanan maksimum terjadi di area θ_{max} .

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Dhanola and H. C. Garg, “Tribological challenges and advancements in wind turbine bearings: A review,” *Eng Fail Anal*, vol. 118, p. 104885, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104885.
- [2] Ł. Breńkacz, Ł. Witanowski, M. Drosińska-Komor, and N. Szewczuk-Krypa, “Research and applications of active bearings: A state-of-the-art review,” *Mech Syst Signal Process*, vol. 151, p. 107423, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.ymsp.2020.107423.
- [3] N. D. S. A. Santos, V. R. Roso, and M. T. C. Faria, “Review of engine journal bearing tribology in start-stop applications,” *Eng Fail Anal*, vol. 108, p. 104344, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.104344.
- [4] M. Hakim, Z. Muttaqien, E. Heriana, and S. Sukmara, “Rancangan Mesin Pemotong Kayu Menggunakan Rell Penggeser Dengan Motor Penggerak Daya 400 Watt,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 15, no. 2, Dec. 2022, doi: 10.30630/jtm.15.2.913.
- [5] Abdul Rahman Agung Ramadhan and Eko Aprianto Nugroho, “Proses Pembuatan Housing Bearing Gearbox 3z2m21 Dengan Material Fcd 400,” *Jurnal Ilmiah Teknik*, vol. 2, no. 1, pp. 20–28, Jan. 2023, doi: 10.56127/juit.v2i1.474.
- [6] J. P. Sitorus *et al.*, “Rancang Bangun Mesin Pemipil Jagung Kapasitas 80kg/Jam Dengan Menggunakan Motor Bakar,” *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, vol. 3, no. 1, pp. 30–42, 2022.
- [7] R. Alfonso, C. S. P. Manurung, S. Sihombing, and P. S. Sipayung, “Perencanaan Daya Dan Perbedaan Jenis Bantalan (Bearing) Pada Mesin Pengupas Kulit Kacang Tanah Kapasitas 60 Kg/Jam,” *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 86–94, Feb. 2024, doi: 10.36655/sprocket.v5i2.1386.
- [8] H. Kamat, C. R. Kini, and S. B. Shenoy, “Effect of Cavitation and Temperature on Fluid Film Bearing Using CFD and FSI Technique: A Review,” *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 30, no. 3, pp. 1623–1636, Apr. 2023, doi: 10.1007/s11831-022-09847-z
- [9] U. Baidya, S. Das, and S. Das, “Analysis of misaligned hydrodynamic porous journal bearings in the steady-state condition with micropolar lubricant,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, vol. 234, no. 5, pp. 778–792, May 2020, doi: 10.1177/1350650119873244.

- [10] A. Betti, P. Forte, and E. Ciulli, “Turbulence Effects in Tilting Pad Journal Bearings: A Review,” *Lubricants*, vol. 10, no. 8, p. 171, Jul. 2022, doi: 10.3390/lubricants10080171.