

ANALISIS PENGARUH *RECTANGULAR TEXTURE* TERHADAP PERFORMA *JOURNAL BEARING* DENGAN PELUMAS OLI MENGGUNAKAN METODE *3D COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Syahrul Nur Hidayatulloh¹, 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: syahrulnurh10@gmail.com

Abstrak

Journal bearing merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mengurangi gesekan yang terjadi pada komponen mesin. *Journal bearing* umum digunakan pada dunia industri dan pembangkit dikarenakan mampu bekerja pada putaran poros yang tinggi dan beban yang besar. Penelitian ini berfokus pada pengaruh pemberian tekstur permukaan dengan geometri *3D rectangular* terhadap performa yang dihasilkan menggunakan pelumas oli. Aliran pelumas dalam *journal bearing* sangat dipengaruhi dari kondisi tekstur permukaan yang diberikan. Kondisi tersebut akan memberikan hasil yang berbeda terhadap parameter performa *journal bearing*. Beberapa parameter yang dianalisis sebagai perbandingan performa yaitu nilai *load carrying capacity* (kapasitas beban), *friction force* (gaya gesek), dan *acoustic power level* (kebisingan). Parameter tersebut dihasilkan dengan menggunakan model simulasi *3D Ansys Fluent*. Penelitian ini menunjukkan perbedaan nilai dari parameter performa yang dihasilkan. Pemberian *rectangular texture* memberikan pengaruh yang sama terhadap pelumasan dengan fluida oli. Adanya *rectangular texture* telah mampu meningkatkan nilai *load carrying capacity* namun juga mengakibatkan konsekuensi berupa meningkatkan emisi kebisingan dan nilai *friction force*. *Rectangular texture* dapat meningkatkan nilai *load carrying capacity* pada pelumas oli sebesar 4,3 % dari 91396 N menjadi 95394 N. Pada *friction force* terjadi peningkatan sebesar 38,8 % dari 212,6 N menjadi 295,26 N. Dan pada parameter tingkat kebisingan meningkat sebesar 17,4 % dari 66,92 N menjadi 78,61 N.

Kata kunci : *acoustic power level; friction force; load carrying capacity; rectangular texture*

Abstract

Journal bearings are one of the machine elements that function to reduce friction that occurs in machine components. *Journal bearings* are commonly used in industry and power plants because they are capable of working at high shaft rotation and large loads. This research focuses on the effect of providing a surface texture with *rectangular 3D* geometry on the performance produced using oil lubricants. The flow of lubricant in the *journal bearing* is greatly influenced by the condition of the surface texture provided. These conditions will give different results to the *journal bearing* performance parameters. Several parameters are analyzed as performance comparisons, namely the value of *load carrying capacity* (*load capacity*), *friction force* (*friction force*), and *acoustic power level* (*noise*). These parameters were generated using the *Ansys Fluent 3D* simulation model. This research shows the differences in the values of the resulting performance parameters. Providing a *rectangular texture* has the same effect on lubrication as oil fluid. The presence of a *rectangular texture* has been able to increase the *load carrying capacity* value but also has consequences in the form of increasing noise emissions and *friction force* values. *Rectangular texture* can increase the *load carrying capacity* value of oil lubricants by 4.3% from 91396 N to 95394 N. In *friction force* there is an increase of 38.8% from 212.6 N to 295.26 N. And the noise level parameter increases by 17.4% from 66.92 N to 78.61 N.

Keywords : *acoustic power level; friction force; load carrying capacity; rectangular texture*

1. Pendahuluan

Bearing merupakan salah satu komponen yang umum digunakan pada suatu sistem permesinan. *Bearing* banyak digunakan karena memiliki fungsi fundamental yang penting untuk mengurangi gaya gesek antar komponen atau elemen mesin yang bekerja secara bersamaan. Gaya gesek yang terjadi pada setiap komponen mesin dapat dikurangi dengan

adanya kinerja *bearing* yang mumpuni. Salah satu hal yang penting dalam kinerja *bearing* adalah pelumasan yang baik. Pelumasan yang baik akan mampu meningkatkan performa *bearing* sehingga gaya gesek dapat dikurangi secara optimal [1].

Pada dunia industri dan pembangkit listrik salah satu jenis *bearing* yang banyak digunakan yaitu *journal bearing*. *Journal bearing* banyak digunakan karena dinilai mampu beroperasi pada putaran tinggi dan beban yang besar [2]. *Bearing* jenis ini memiliki konstruksi yang sederhana berupa selongsong berbentuk silinder dengan jalur lubang untuk memasukkan pelumas yang digunakan. *Journal bearing* bekerja dengan cara menempatkan *shaft* atau poros yang berputar pada cangkang silinder lalu memasukkan fluida pelumas sehingga membentuk lapisan batas antara permukaan dalam *bearing* dengan permukaan *shaft* [3]. Sistem pelumasan pada *journal bearing* bekerja secara hidrodinamis dimana tahapan kerja terbagi menjadi tiga kondisi. Kondisi pertama yaitu *shaft* belum berputar dimana lapisan pelumas akan cenderung terangkat teratas karena tekanan poros. Kondisi kedua yaitu fase permulaan atau *start up* dimana poros baru berputar dan mengakibatkan pelumas bergerak menyelimuti *bearing*. Pada tahap ini pelumas telah mampu memberikan lapisan batas antara poros dan *bearing* serta membuat poros condong bergeser ke arah kiri apabila bergerak berlawanan arah jarum jam. Tahap selanjutnya yaitu fase *steady* dimana poros telah bergerak secara stabil dan pelumasan akan mengakibatkan poros cenderung bergeser ke arah kanan apabila poros berputar berlawanan arah jarum jam [4].

Dalam pengembangan *journal bearing*, para peneliti banyak berupaya untuk berinovasi dalam mengoptimalkan kinerja pelumasannya. Pengembangan ini memiliki tujuan untuk meningkatkan *load* beban yang mampu diterima *bearing* dan mengurangi gaya gesek sebesar mungkin [5]. Terdapat beberapa pengembangan terhadap konstruksi *journal bearing* dan penggunaan berbagai macam jenis fluida sebagai pelumas yang digunakan. Pada dasarnya *journal bearing* hanya berbentuk silinder *smooth* sederhana dan menggunakan oli sebagai fluida pelumasan [6]. Penelitian *journal bearing* yang telah berkembang hingga saat ini telah menghasilkan inovasi baru seperti adanya penambahan tekstur permukaan dan percobaan penggunaan berbagai macam jenis fluida selain oli [7]. Inovasi tersebut memberikan hasil yang bervariasi tergantung kondisi dan kombinasi antara tekstur dan pelumas yang digunakan. Pada mulanya pemberian kekasaran permukaan hanya berupa nilai rata-rata *roughness* yang diwakili dengan simbol *Ra*. Nilai ini diambil dari rata-rata grafik pengukuran kekasaran berupa puncak dan lembah pada suatu permukaan [8]. Selain nilai *Ra* yang digunakan, penempatan letak tekstur kekasaran juga berpengaruh terhadap nilai performa *bearing*. Salah satu parameter yang menjadi acuan performa *bearing* yaitu nilai beban yang bisa diterima atau yang disebut dengan *load carrying capacity* [9].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tao (2022), hasil simulasi 2D parsial dari variasi tekstur permukaan telah mempengaruhi performa dari sebuah *journal bearing* [10]. Dalam simulasi tersebut terdapat beberapa variasi geometri tekstur yaitu bentuk *rectangular* (segi empat), *triangle* (segitiga), *trapezoid* (trapesium), *arc* (busur). Beragam variasi tersebut memberikan hasil performa yang berbeda pada setiap simulasinya. Performa tertinggi pelumasan yang didapat dari simulasi dihasilkan oleh tekstur permukaan dengan bentuk *rectangular* (segi empat). Pada simulasi tersebut juga dihasilkan hasil dari beragam nilai geometri dari bentuk dasar *rectangular*. Parameter yang digunakan untuk nilai geometri yang digunakan yaitu nilai perbandingan panjang dan kedalaman tekstur. Penelitian ini merupakan hasil pengembangan dari simulasi tekstur permukaan yang berupa kekasaran sederhana dengan parameter nilai *Ra* (*Roughness Average*). Tekstur kekasaran sederhana di permukaan *bearing* pada dasarnya akan mempengaruhi nilai performa pelumasan *journal bearing* [11]. Dalam konstruksi tekstur geometri permukaan *bearing*, penempatan dan jumlah geometri tekstur juga akan merubah nilai performa yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan tekstur geometri pada daerah tertentu akan memberikan efek perlakuan yang berbeda pada pelumas yang mengalir secara hidrodinamis. Salah satu efek yang terjadi yaitu penebalan lapisan film pelumas. Hal tersebut dapat meningkatkan laju tumbukan setiap partikel fluida dan meningkatkan nilai tekanan yang dihasilkan [12].

Dengan adanya data-data penelitian yang telah diketahui tersebut, penulis mencoba melakukan penelitian dengan mengembangkan penggunaan model 3D secara penuh pada simulasi *journal bearing* yang sudah diberikan tekstur permukaan. Tekstur permukaan yang digunakan merupakan bentuk geometri *rectangular* (segi empat). Hal ini dikarenakan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Tao Nie (2022) bahwa hasil perbandingan geometri tekstur menunjukkan bahwa bentuk *rectangular* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan bentuk *triangle*, *arc*, & *trapezoid* [13]. Penelitian ini akan membandingkan nilai performa *journal bearing* yang diberikan tekstur *rectangular* dengan yang tidak diberikan tekstur (*smooth*). Beberapa parameter yang digunakan sebagai perbandingan nilai performa yaitu *load carrying capacity* dan *friction force*. Nilai parameter tersebut umum digunakan karena dapat mengetahui nilai maksimal beban yang mampu diterima oleh *journal bearing* dan memberikan gambaran gesek yang terjadi akibat gesekan antar partikel pelumas dengan dinding poros dan *bearing*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

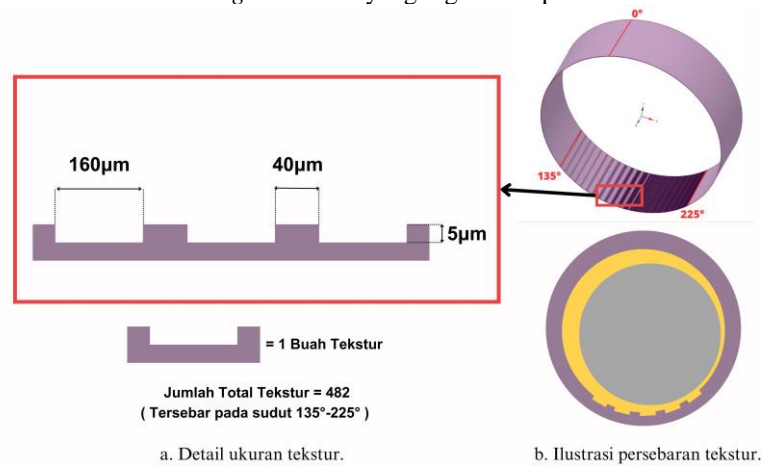
Simulasi ini menggunakan pelumas oli sebagai fluida pelumasan bearing. Berikut merupakan parameter fluida oli dan geometri *journal bearing* yang digunakan terdapat pada **Tabel 1**. berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Pelumas dan Geometri Bearing

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diemeter <i>journal/shaft</i>	D_j	127.716	mm
Diameter <i>inner bearing</i>	D_b	128	mm
Panjang <i>bearing</i>	L_b	42.5	mm
<i>Radial clearance</i>	c	0.142	mm
Rasio eksentritas	ε	0.97	-
<i>Attitude angle</i>	φ	45	derajat
Kecepatan poros	ω	746	rpm
Massa jenis oli	ρ_f	840	Kg/m ³
Viskositas oli	μ_o	0.0125	Pa.s
Massa jenis vapor oli	ρ_v	1.2	Kg/m ³
Viskositas vapor oli	μ_V	2×10^{-5}	Pa.s
Tekanan saturasi vapor oli	P_v	20000	Pa

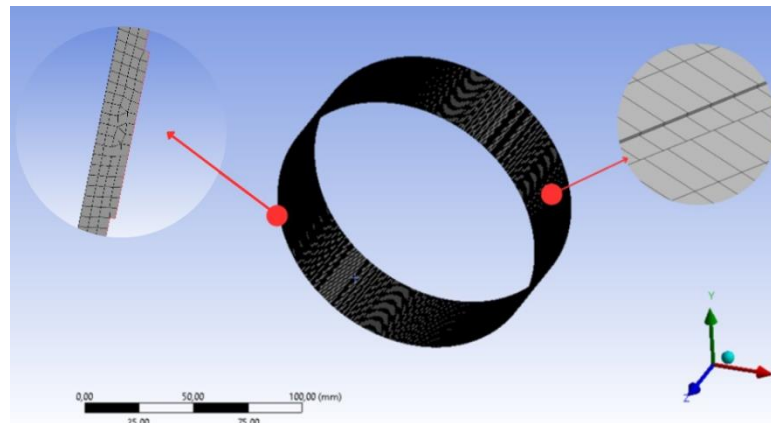
Pada penelitian ini tekstur permukaan khusus digunakan untuk meningkatkan performa sesuai simulasi 2D parsial yang telah dilakukan oleh Nie Tao (2022).

Berikut merupakan detail dan ukuran *rectangular texture* yang digunakan pada simulasi ini terdapat pada **Gambar 1**:



Gambar 1. Detail *rectangular texture*

Meshing yang digunakan multi layer agar mendapatkan keakuratan yang optimal berikut meshing yang dihasilkan pada penelitian ini:



Gambar 2. Hasil meshing

Metode kabitasi yang digunakan menggunakan *Schnerr and Sauer* pada *multiphase cavitation*. Dan model turbulensi yang digunakan yaitu *K-Epsilon standard wall function*. Algoritma yang digunakan yaitu *SIMPLE* dengan kondisi batas *inlet outlet* 0 Pa dan *no-slip* pada *wall*. Simulasi ini menerapkan kondisi steady dalam proses nya dengan mengaktifkan perhitungan acoustic broadband untuk dapat menghitung nilai *acoustic power level*

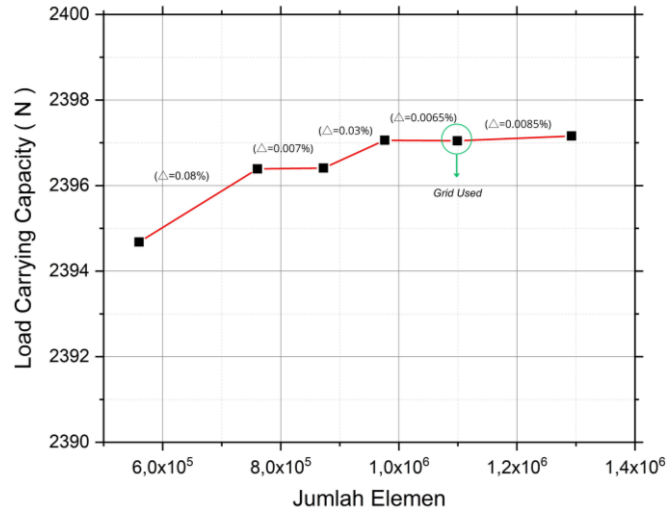
3. Hasil dan Pembahasan

Validasi kasus digunakan untuk menentukan bahwa metode dan *setup* simulasi yang digunakan valid dan sesuai dengan hasil yang akan dicapai. Berikut merupakan hasil validasi berdasarkan simulasi dengan kasus *rectangular texture* dengan menggunakan fluida oli yang dijadikan acuan validasi pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Perbandingan hasil validasi.

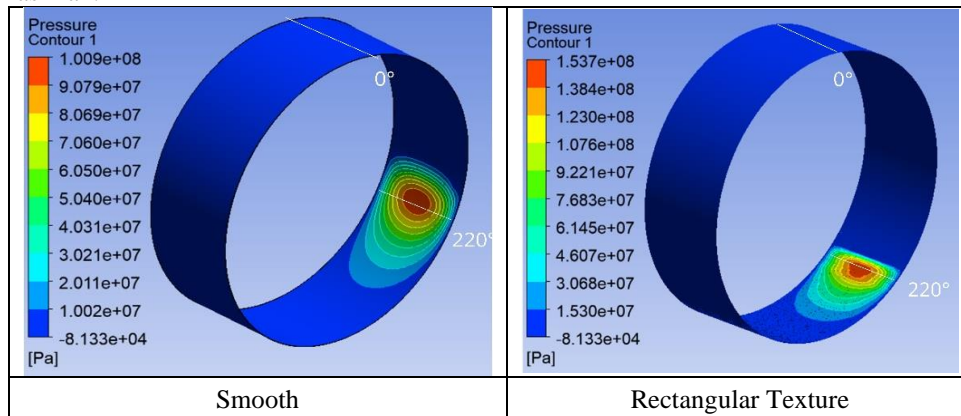
Kondisi Bearing	Parameter	Satuan	<i>P Max</i> Artikel (Nie, 2022)	<i>P Max Study Present</i>	Error (%)
$\varepsilon = 0.97$ <i>rectangular texture</i>	<i>P Max</i>	MPa	150 MPa	153.7 MPa	2.4

Pada penelitian telah dilakukan uji grid independence terhadap meshing yang dihasilkan. Berikut hasil dari uji grid independence yang terdapat pada **Gambar 3** berikut:



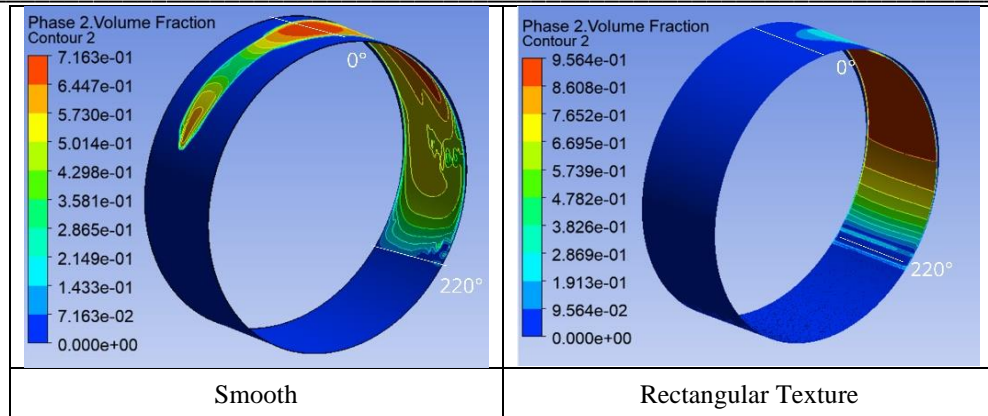
Gambar 3. Uji grid independence

Pada simulasi ini terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi dari performa journal bearing. Berikut merupakan kontur yang dihasilkan:



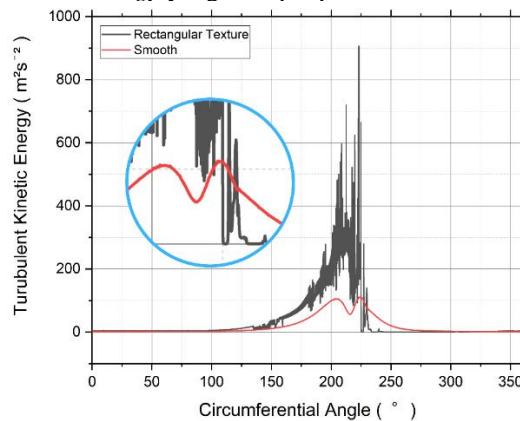
Gambar 4. Perbandingan nilai tekanan yang dihasilkan

Pada **Gambar 4**. Menunjukkan bahwa nilai tekanan yang dihasilkan pada *rectangular texture* lebih besar dibandingkan dengan *smooth*. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *load carrying capacity* pada *rectangular texture* memiliki potensi yang lebih besar dibandingkan *smooth*. Selanjutnya parameter yang dianalisis yaitu kontur daerah kavitas yang terdapat pada **Gambar 5**. Berikut:



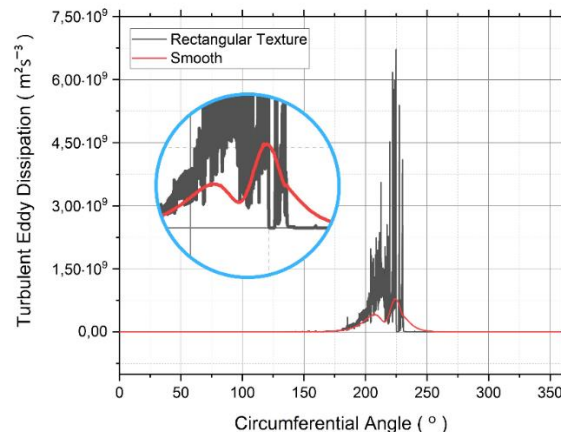
Gambar 5. Daerah kavitasi

Gambar 5. menunjukkan bahwa *rectangular texture* mengakibatkan daerah kavitasi yang lebih sempit dibandingkan dengan *smooth*. Parameter selanjutnya yang dianalisis yaitu *turbulent kinetic energy* yang dihasilkan berikut merupakan perbandingan *turbulent kinetic energy* yang terdapat pada **Gambar 6** berikut:



Gambar 6. Nilai *turbulent kinetic energy*

Menurut hariskumar (2022) adanya peningkatan *turbulent kinetic energy* pada daerah yang tepat akan mampu meningkatkan nilai *load carrying capacity* yang dihasilkan. **Gambar 6** menunjukkan bahwa nilai *turbulent kinetic energy* pada *rectangular texture* lebih tinggi dibandingkan *smooth*. *Turbulent kinetic energy* berhubungan tingkat *turbulent eddy dissipation*, *turbulent eddy dissipation* dapat mempengaruhi tingkat kebisingan yang dihasilkan. Berikut merupakan nilai *turbulent eddy dissipation* yang terlihat pada **Gambar 7** berikut:



Gambar 7. Nilai *turbulent eddy dissipation*

Pada **Gambar 7** terlihat bahwa nilai *turbulent eddy dissipation* *rectangular texture* jauh lebih dominan dan sebanding dengan nilai *turbulent kinetic energy* yang dapat meningkatkan nilai *acoustic power level* atau tingkat kebisingan yang dihasilkan.

Hasil yang sudah dianalisis merupakan nilai yang mempengaruhi parameter utama performa dari journal bearing. Berikut merupakan hasil total dari keseluruhan performa journal bearing antara *smooth* dengan *rectangular texture* yang terlihat pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Performa total pelumas oli

Parameter Performa	Pelumas Oli		
	<i>Smooth</i>	<i>Rectangular Texture</i>	Persentase Kenaikan
<i>Load Carrying Capacity (N)</i>	91396	95394	+4.3 %
<i>Friction Force (N)</i>	212.6	295.26	+38.8 %
<i>Acoustic Power Level (dB)</i>	66.92	78.61	+17.4

4. Kesimpulan

Pemberian *rectangular texture* pada *journal bearing* mampu mempengaruhi nilai performa yang dihasilkan. Adanya *rectangular texture* dapat meningkatkan nilai *load carrying capacity* sebesar 4.3 % yaitu dari 91.396 N menjadi 95.394 N. Namun adanya *rectangular texture* juga memberikan konsekuensi berupa peningkatan nilai *friction force* sebesar 38,8 % dari yang awalnya 212.6 N menjadi 295.26. Peningkatan nilai *turbulent kinetic energy* juga meningkatkan tingkat kebisingan pada *rectangular texture* sebesar 17.4 % dari yang awalnya 66,92 dB menjadi 78,61 %.

5. Daftar Pustaka

- [1] J. Bouyer, M. Wodtke, & M. Fillon. 2022. Experimental research on a hydrodynamic thrust bearing with hydrostatic lift pockets: Influence of lubrication modes on bearing performance. *Tribology Internasional*. 162 : 1-12.
- [2] Lucassen, M., Decker, T., Guzman, F. G., Lehmann, B., Bosse, D., & Jacobs, G. 2023. Simulation methodology for the identification of critical operating conditions of planetary journal bearings in wind turbines. *Forsch Ingenieurwes*. 87:147-157.
- [3] Satish, C., Singh, A. 2023. A Study of Double Layer Conical Porous Hybrid Journal Bearing Operated with Non-Newtonian Lubricant. *Tribology Internasional*. 179:121-130.
- [4] Ebiefung, A. 2019. The Vertical Generalized Complementarity Problem: Mixed Lubrication and Choice of Technology Models. *Mathematics and Statistics*. 1:45-53.
- [5] Anil, B., Chavan, S.P. 2019. Parametric Investigation of Surface Texturing on Performace Characteristic of Water Lubricated Journal Bearing Using FSI Approach. *Applied Science*. 2:36.
- [6] Harishkumar, Kini, C. R., Shenoy S. B. 2022. Effect of Cavitation and Temperature on Fluid Film Bearing Using CFD and FSI Technique: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*. 30: 1623-1636.
- [7] Niu, Y., Hao, X., Xia, X., Wang, L., Liu, Q., Li, Liang., & He, N. 2021. Effects of textured surfaces on the properties of hidrodynamic bearing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 118:1589–1596
- [8] Perdomo, I.L.F., Ramos-Gres, J., Mujica, R., & Rivas, M. 2021. Surface roughness Ra prediction in Selective Laser Melting of 316L stainless steel by means of artificial intelligence inference. *Journal of King Saud University Engineering Sciences*. 35: 148-156.
- [9] Wang, Y., Jacobs, G., Konig, F., Zhang, S., Goedel, S.V. 2023. Investigation of Microflow Effects in Textures on Hydrodynamic Performance of Journal Bearings Using CFD Simulations. *Journal Lubricants*. 11(20): 1-20.
- [10] Nie, T., Yang, K., Zhou, L., Wu, X., & Wang, Y. 2022. CFD Analysis of Load Capacity of Journal Bearing with Surface Texture. *Energy Report*. 8: 327-334.
- [11] Tauviqirrahman, M., Yohana, E., Paryanto, Jamari, Muslim, F.Z. 2023. Investigation on acoustic, thermal, and tribological properties of hydrodynamic journal bearing with heterogeneous rough/smooth surface. *Result in Engineering*. 18: 1-22.
- [12] Arif, M., Kango, S., & Shukla, D.K. 2021. Investigasing the Effect of Different Slip Zone Locations on The Lubrication Performace of Textured Journal Bearings. *Industrial Lubrication and Tribology*. 73(6): 872-881.
- [13] Nie, T., Yang, K., Zhou, L., Wu, X., & Wang, Y. 2022. CFD Analysis of Load Capacity of Journal Bearing with Surface Texture. *Energy Report*. 8: 327-334.