

OPTIMALISASI DESAIN GROOVE UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BUSHING PADA RODA BOGIE BERBASIS SIMULASI CFD

Sri Wulandari¹⁾, Fatahul Arifin^{2)*}, Irawan Malik³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139, Indonesia

²⁾Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, 30139

*email korespondensi : farifinus@polsri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
28/07/23

Received in revised:
29/02/24

Accepted:
01/03/24

Online-Published:
31/10/24

ABSTRAK

Optimalisasi adalah suatu proses memaksimalkan suatu objek guna menemukan hasil terbaik dari sekumpulan alternatif solusi yang ada sehingga dapat meningkatkan efektivitasnya, seperti keuntungan, meminimalisir waktu proses dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics) pada bushing dengan groove yang berbeda-beda dalam upaya meningkatkan efisiensi pelumasan. Penelitian ini menggunakan simulasi CFD yang digunakan untuk memodelkan, menganalisis, dan menggunakan pendekatan numerik. Penambahan groove atau alur pada permukaan bushing dapat mempengaruhi aliran pelumas di sekitarnya. Simulasi CFD, membandingkan performa berbagai desain groove untuk mengidentifikasi model yang memberikan pelumasan yang lebih baik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga dalam pengembangan bushing yang lebih efisien dari segi pelumasan.

Kata Kunci: bushing, Computational Fluid Dynamic, groove

ABSTRACT

Optimization is a process of maximizing an object find the best results from a set of alternative solutions that exist to increase its effectiveness, such as profits, minimizing process time and so on. This study aims to conduct CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation analysis on bushings with different grooves to improve lubrication efficiency. This research uses CFD simulation which is used to model, analyze, and use numerical approaches. The addition of grooves or grooves on the bushing surface can affect the flow of lubricant around it. CFD simulation, comparing the performance of different groove designs to identify models that provide better lubrication. The results of this research are expected to provide valuable insights into the development of bushings that are more efficient in terms of lubrication.

Keywords: bushing, Computational Fluid Dynamic, groove

©2024 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14242112>

1 PENDAHULUAN

Dalam era perkembangan teknologi yang cepat, kemajuan teknologi berkembang sejalan dengan peradaban manusia modern. Semakin berkembangnya zaman menuntut manusia untuk selalu melakukan inovasi-inovasi dalam mempermudah pekerjaan manusia [1]. Teknologi saat ini memberikan bantuan besar bagi aktivitas sehari-hari, terutama dalam sektor industri. Desain produk menjadi kritis mengingat persaingan yang ketat dan cepatnya inovasi oleh produsen untuk memenangkan pasar [2]. Ketatnya persaingan di dunia industri menuntut para pelaku bisnis memiliki keunggulan yang unik. Dalam dunia industri pasti membutuhkan suatu mesin untuk menunjang kegiatannya. Penggunaan mesin-mesin dengan efisiensi dan efektivitas tinggi menjadi kunci dalam perkembangan teknologi belakangan ini, terutama untuk mesin-mesin yang beroperasi secara terus-menerus. Untuk menjamin kelancaran operasi mesin, komponen pendukung

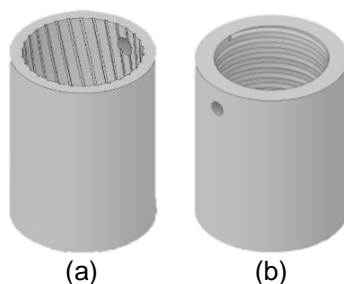
seperti *bushing* atau bantalan tempat poros berputar sangat penting [3]. *Bushing* memiliki peran yang krusial dalam membatasi gerakan *safety pin* dan *bogie*, serta melindungi *bogie* dari gesekan dengan *shaft* [4]. Kinerja *bushing* akan mengalami penurunan seiring dengan masa kerjanya dan perawatan yang dilakukan, yang bisa menghambat kinerja mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan Sumber Daya Manusia (SDM) berkualitas untuk mengembangkan dan mengoptimalkan alat dan mesin-mesin industri, sehingga teknologi dapat meningkatkan perekonomian dan perkembangan Indonesia [5]. Dalam hal ini, *Autodesk Inventor* menjadi pilihan untuk merancang *bushing*. *Autodesk Inventor* adalah program desain yang canggih untuk berbagai keperluan teknik, termasuk desain produk, mesin, mold, dan konstruksi [6]. Dengan kemampuannya sebagai pemodelan solid berbasis fitur parametrik, software ini memungkinkan modifikasi geometri objek dan hubungan secara fleksibel tanpa harus membuat ulang dari awal. Hal ini mengurangi biaya desain dan memungkinkan analisis kekuatan dan ketahanan benda kerja terhadap beban yang diberikan [7].

Oleh karena itu, untuk mengatasi tantangan di atas, penulis akan mengoptimalkan desain *groove* pada *bushing* menggunakan *Autodesk Inventor*, dan kemudian melakukan analisis dinamis dengan *Ansys* serta simulasi CFD. Optimalisasi adalah suatu proses memaksimalkan suatu objek guna menemukan hasil terbaik dari sekumpulan alternatif solusi yang ada sehingga dapat meningkatkan efektivitasnya, seperti keuntungan, meminimalisir waktu proses dan sebagainya [8]. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan performa desain *groove* untuk mengidentifikasi model yang memberikan pelumasan lebih baik sehingga dapat meminimalisir kerusakan dan biaya perbaikan akibat kerusakan tersebut, serta mendukung perkembangan desain bantalan luncur."

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan *bushing* dari berbagai produsen dengan *groove* yang bervariasi (Gambar 1) dengan ukuran *bushing* yang sama (Tabel 1) untuk dilakukan simulasi dengan parameter berupa *velocity* dan *pressure*. Geometri *bushing* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Desain *Bushing 1* (b) *Bushing 2*

Pada *bushing 1* memiliki *groove* berbentuk garis lurus dan sedikit menekuk pada bagian tengahnya, sedangkan *bushing 2* memiliki *groove* berbentuk seperti ulir pada baut yang mengelilingi seluruh permukaan bagian dalam *bushing*.

Tabel 1. Ukuran *Bushing*

No	Nama	Ukuran	Diameter
1	<i>Bushing</i>	ID90XOD110X150	ø15

Tabel 2. Nilai Kekerasan Bahan

No.	Nama Bahan	Nilai HRB
1	<i>Steel</i>	81,4
2	<i>Bronze</i>	81,8

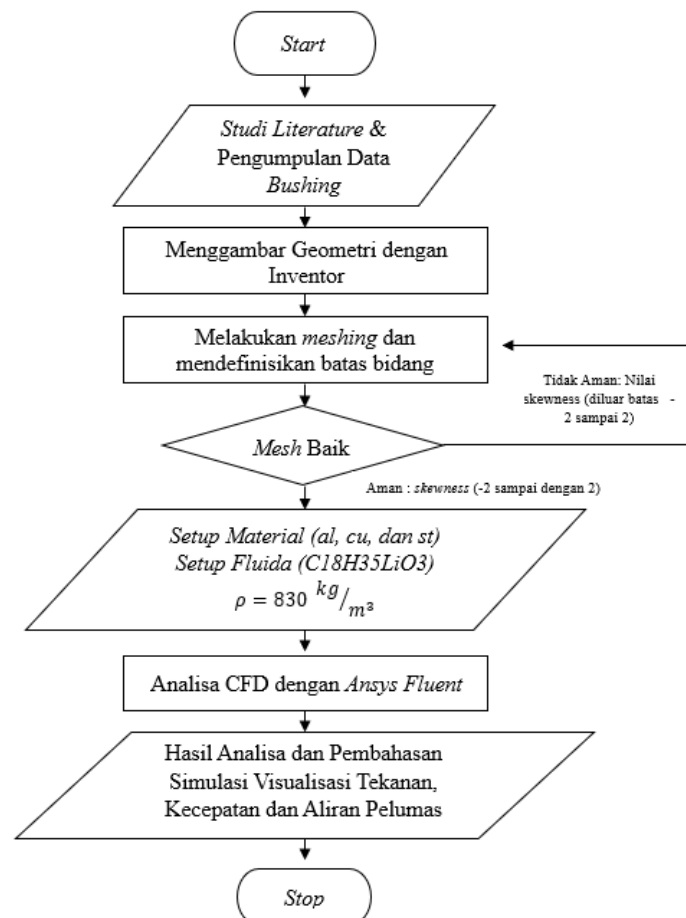
Tabel 3. Material Penelitian

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Ukuran
1	<i>Bushing 1</i>	<i>Steel</i>	ID90XOD110X150
2	<i>Bushing 2</i>	<i>Bronze</i>	

2.2 METODE

Di mana pada jenis penelitian ini dimulai dengan menganalisis masalah lalu dilakukan *study literature* terkait *bushing*, mendesain alat serta memilih material yang akan digunakan, dalam pemilihan material terdapat beberapa faktor yang diperhatikan yaitu kekuatan, elastisitas, kekakuan, dan keuletan [9]. Selanjutnya menganalisis hasil desain pada *groove* untuk melihat aliran fluida pada *bushing* serta mengidentifikasi letak erosi yang terjadi pada *bushing*.

Permulaan sebelum dilakukan simulasi adalah membuat desain mesin sesuai dengan analisa dan studi literatur yang telah dilakukan. Pembuatan desain dilakukan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2020*. Setelah desain diselesaikan, langkah selanjutnya dapat dilakukan proses CAE yang mencakup analisis CFD, dinamika *multibody*, dan optimalisasi menggunakan *Ansys Workbench*. Simulasi CFD merupakan metode komputasi yang digunakan untuk mempelajari dinamika fluida. Analisis CFD dilakukan untuk mengevaluasi kinerja hidrodinamik dari berbagai konfigurasi desain [10].



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur dan pengumpulan data-data yang diperlukan seperti ukuran *bushing* serta fluida dan material yang digunakan. Kemudian dilanjutkan ke tahap pembuatan geometri *bushing* untuk menjadikannya dalam bentuk 3D agar dapat di *meshing*. Apabila hasil *meshing* sudah aman maka dilanjutkan untuk *setup* material dan fluida yang telah ditentukan sehingga analisa CFD dapat dilakukan dan mendapatkan hasil serta pembahasan terkait simulasi visualisasi berupa tekanan, kecepatan dan aliran fluida.

1) Pembuatan Geometri *Bushing*

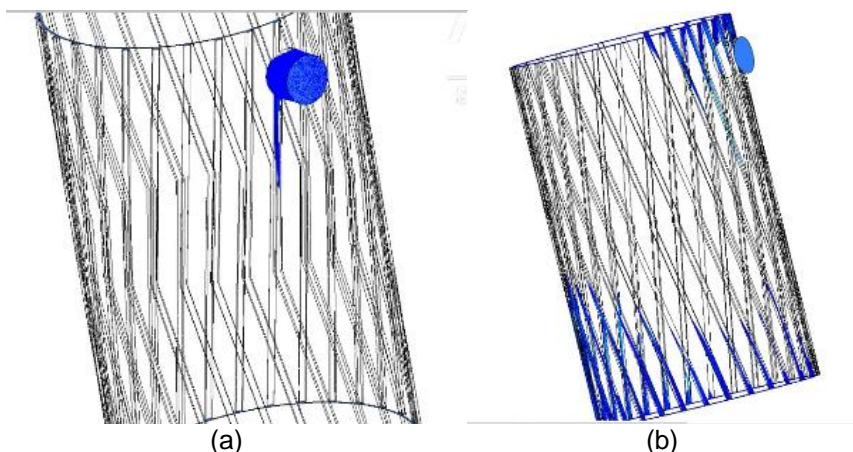
Pembuatan geometri *bushing* menggunakan bantuan *software Inventor 2020*. Berikut merupakan tahapan dalam menggambar geometri *bushing* [13]:

- a. Pertama, buka *software* kemudian klik *part* dan pilih *plane* yang sesuai.
- b. Kedua, klik "*circle*" untuk membuat lingkaran dan masukkan ukuran yang diinginkan.
- c. Ketiga, *extrude* lingkaran sesuaikan dengan ukuran yang diinginkan dan mulai membuat *groove*.
- d. Kemudian simpan gambar geometri dengan format (.STP) agar dapat ditampilkan pada *software Ansys*.

2) Tahapan Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Penelitian ini menggunakan simulasi CFD dimana suatu metode yang digunakan untuk memodelkan, menganalisis, dan fenomena terkait di dalam sistem menggunakan pendekatan numerik [11]. Simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *preprocessing*, *solving*, dan *postprocessing* [12]. Berikut merupakan beberapa tahapan dalam melakukan simulasi CFD menggunakan *software Ansys*:

- Pertama, *import* file geometri yang telah dibuat sebelumnya dengan format file (.STP).
- Kedua, lakukan *meshing* pada geometri yang telah disesuaikan hingga mendapatkan nilai *skewness* yang baik.
- Ketiga, melakukan *penginputan* data seperti *velocity* dan *pressure* yang telah ditentukan.



Gambar 3. (a) Ilustrasi pada bushing aliran inlet (b) Ilustrasi pada bushing aliran outlet

Pada gambar (a) merupakan ilustrasi bagaimana fluida dapat masuk ke dalam *bushing* tersebut, sedangkan gambar (b) merupakan ilustrasi saat fluida tersebut bergerak keluar setelah melumasi permukaan *bushing*.

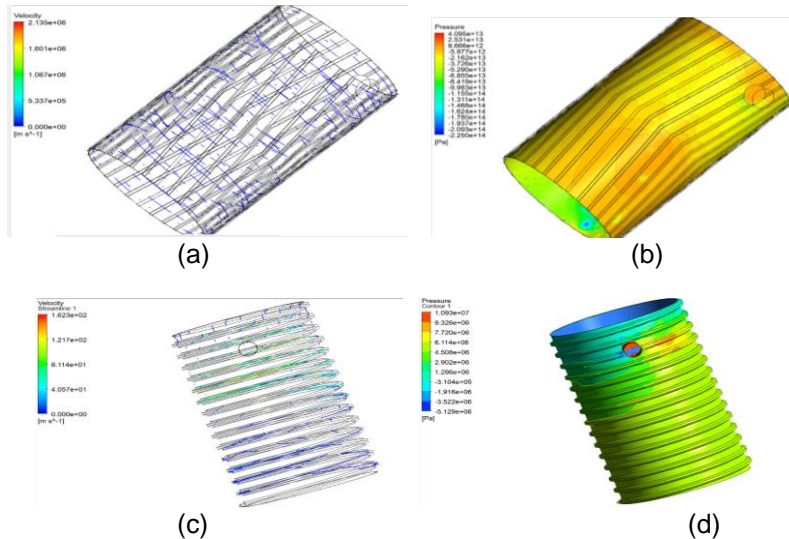
- Keempat, hasil dari simulasi dapat divisualisasikan dan disesuaikan berdasarkan parameter yang telah dibuat.

Dengan simulasi CFD dapat mengetahui fenomena aliran fluida berupa cairan (*fluid*) serta dapat mengetahui nilai erosi dari sebuah benda ketika diberi aliran berupa *fluid*. Erosi adalah suatu proses di mana material terkikis dari permukaan dinding karena deformasi mikro-mekanikal atau kombinasi dari lingkungan kimia yang agresif dengan kecepatan fluida yang tinggi. Fenomena ini dapat terjadi ketika aliran fluida dengan kecepatan tinggi mengalir melalui suatu objek atau ketika objek benda bergerak dengan cepat dalam fluida [14]. Untuk analisa data hasil pengujian menggunakan *Ansys Workbench* dan juga akan di dukung oleh penggunaan aplikasi *Excel* untuk penyajian data yang akurat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses perhitungan selesai, hasilnya dapat dinyatakan dalam bentuk visual seperti gambar, grafik, dan animasi dengan menerapkan pola-pola khusus. Pada langkah selanjutnya, hasil perhitungan dari tahap sebelumnya akan disajikan dalam bentuk visual.

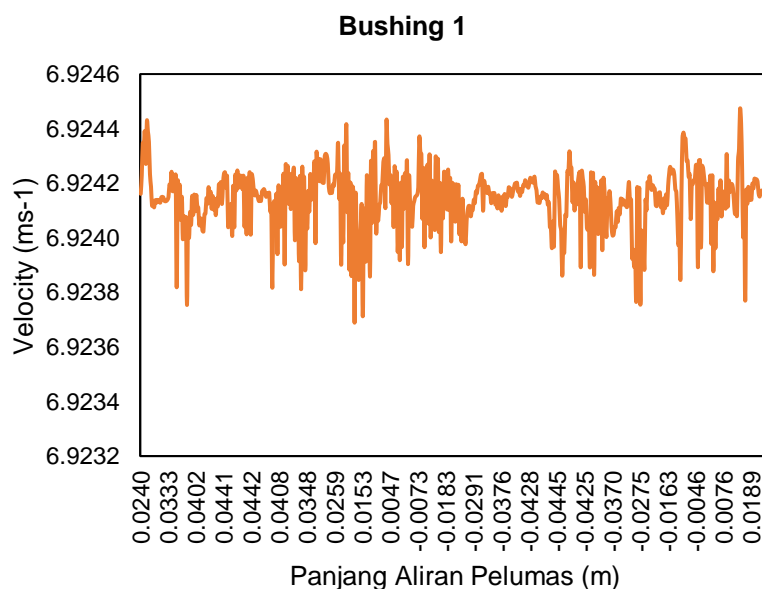
- Nilai *velocity* dan *pressure* yang diperoleh setelah menjalankan simulasi CFD.
 - Bushing 1 max* = $2.135e+06 \text{ m/s}$.
 - Bushing 2 max* = $1.623e+02 \text{ m/s}$.
- Berdasarkan nilai *pressure* yang diperoleh dari simulasi CFD pada kedua desain didapat bahwa *bushing* dengan *groove* berbentuk ulir memiliki nilai *pressure* $6.114e+06 \text{ Pa}$ ditandai dengan warna hijau pada *contour* hasil simulasi dan *pressure* maksimalnya $1.093e+07 \text{ Pa}$.
- Berdasarkan pola grafik pelumasan, desain *bushing* ulir cenderung memiliki pola penyebaran pelumas yang lebih teratur dan merata ke sekeliling permukaan *bushing* yang bersinggungan dengan *shaft* dibanding desain *bushing* 1. Sehingga memberikan pelumasan terbaik dalam mencegah terjadinya keausan dan dapat meningkatkan efisiensi pelumasan serta merupakan bahan terkuat dibanding *bushing* lainnya dengan nilai uji kekerasan material bronze 81,8 BHN. Maka dari itu, bentuk *groove* pada *bushing* berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan *bushing*.



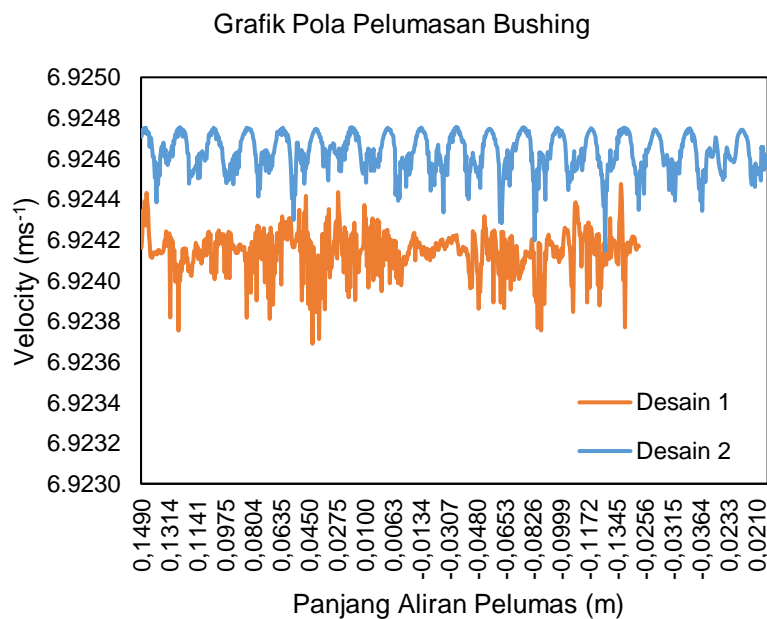
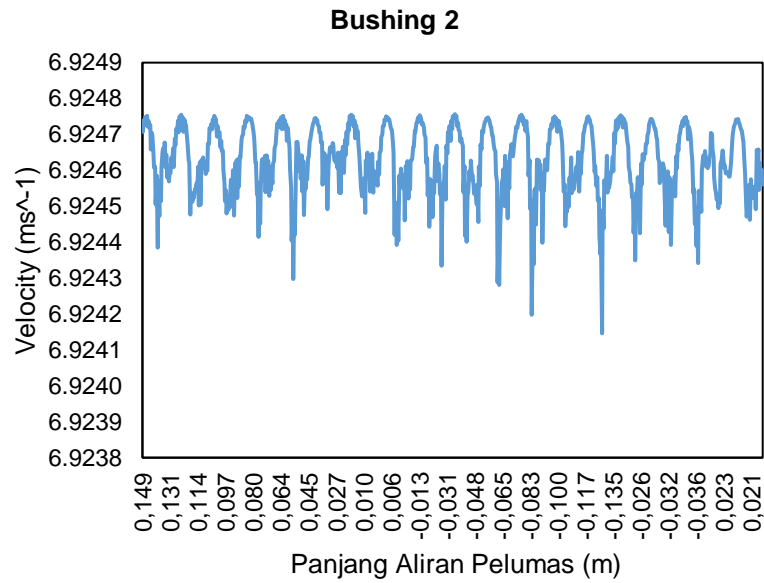
Gambar 4. (a) *Velocity Bushing 1* (b) *Pressure Bushing 1* (c) *Velocity Bushing 2* (d) *Pressure Bushing 2*

Pada Gambar 4 merupakan hasil simulasi *velocity* dan *pressure* yang dilakukan pada *bushing 1* dan *2*, terlihat pada gambar (a) ditandai dengan garis biru sebagai bentuk dari fluida tersebut mengelilingi permukaan *bushing 1* yang kurang merata, sedangkan gambar (b) berupa hasil simulasi *pressure* dimana hasilnya menunjukkan warna kuning cenderung ke orange yang berarti bahwa *bushing* tersebut memiliki ketahanan yang kurang kuat terhadap *pressure* yang diberikan. Kemudian, pada gambar (c) terlihat bahwa fluida menyebar kepermukaan *bushing 2* dengan cukup teratur dan merata, sehingga saat diberikan *pressure* hasilnya menunjukkan warna hijau yang berarti *bushing 2* memiliki ketahan yang cukup kuat dalam menahan beban yang diberikan.

Berdasarkan grafik pada gambar 5 terlihat perbedaan pola pelumasan pada *bushing 1* dan *2* dikarenakan desain *groove* yang berbeda. Desain 1 merupakan *groove* yang terdapat pada *bushing 1* yang berbentuk garis lurus dan sedikit menekuk pada bagian tengahnya. Sedangkan desain 2 merupakan *groove* dari *bushing 2* yang berbentuk seperti ulir pada baut, sehingga fluida yang diberikan cenderung lebih teratur dan menyebar keseluruhan permukaan *bushing* dengan cukup baik dibanding dengan desain 1.



(a)



Gambar 5. (a) Grafik pelumasan *bushing* 1 (b) Grafik pelumasan *bushing* 2 (c) Perbandingan grafik pelumasan *bushing*

4. Berdasarkan analisa perhitungan manual terhadap tekanan dan kecepatan aliran fluida pada *bushing* menggunakan Hukum Pascal didapat hasil sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

dimana:

P adalah tekanan dalam satuan tekanan (*Pascal, psi, dll.*)

F adalah gaya yang diberikan pada cairan dalam satuan gaya (*Newton, pound, dll.*)

A adalah luas penampang pada cairan dalam satuan luas ($m^2, inch^2, dll.$)

Berdasarkan parameter yang telah diketahui yaitu:

$$F = 3978,85 \text{ N}, A = 0,041924$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{3978,85 \text{ N}}{0,041924 \text{ m}^2}$$

$$P = 94,906 \text{ Pa}$$

Sehingga, dapat diketahui bahwa nilai *pressure* yang dialami *bushing* tersebut sebesar 94,906 Pa. Sedangkan untuk mengetahui kecepatan aliran fluida yang terjadi di dalam *bushing* yaitu:

$$E_1 = E_2$$

$$E_{tek1} + E_{k1} + E_{p1} = E_{tek2} + E_{k2} + E_{p2}$$

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

dimana:

V adalah kecepatan fluida (m/s)

g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

h adalah ketinggian (m)

P adalah tekanan fluida (Pa)

Diketahui:

$$V_1 = 692452 \text{ m/s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$h = 0,15 \text{ m}$$

$$P = 110 \text{ bar} = 110.000.000 \text{ Pa}$$

Kemudian nilai tersebut dapat dimasukkan ke dalam persamaan di atas sebagai berikut:

$$E_1 = E_2$$

$$E_{tek1} + E_{k1} + E_{p1} = E_{tek2} + E_{k2} + E_{p2}$$

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$\frac{110.000.000}{8,134} + \frac{692452^2}{19,6} + 0,15 = \frac{110.000.000}{8,134} + \frac{V_2^2}{19,6} + 0,15$$

$$\frac{4.794.870.025}{19,6} = \frac{V_2^2}{19,6}$$

$$244.636.225 = \frac{V_2^2}{19,6}$$

$$V_2^2 = 4.794.870.010$$

$$V_2 = \sqrt{4.794.870.010}$$

$$V_2 = 6,92452 \text{ m/s}$$

Sehingga, kecepatan aliran fluida yang terjadi di dalam *bushing* dalam menyebarkan pelumas hingga ke seluruh permukaan *bushing* sebesar 6,92452 m/s .

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi pola aliran *grease* pada *bushing* menggunakan *software Ansys Fluent 2023 R2* dibandingkan dengan 2 variasi desain *groove* didapat hasil bahwa *bushing* 1 memiliki *fluid flow velocity* sebesar 2.135e+06 m/s . Sedangkan nilai *pressure* (tekanan) yang diperoleh dari simulasi CFD pada kedua desain didapat bahwa *bushing* dengan *groove* berbentuk ulir memiliki nilai *pressure max* = 1.093e+07 Pa dan *min* = -5.129e+06 Pa, serta *pressure* rata-rata pada *bushing* itu sendiri sebesar 6.114e+06 Pa ditandai dengan warna hijau pada *contour* hasil simulasi, dimana artinya pola *groove* pada *bushing* tersebut memberikan pelumasan terbaik dalam mencegah terjadinya keausan dan dapat meningkatkan efisiensi pelumasan serta material yang digunakan merupakan bahan terkuat dibanding *bushing* lainnya dengan nilai uji kekerasan material *bronze* 81,8 BHN. Maka dari itu, bentuk *groove* pada *bushing* berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan *bushing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kms M Amin Khaitami, Fatahul Arifinand Ella Sundari, "Desain Alat Bantu Troli Penggulung Selang Pemadam Kebakaran Semi Otomatis", *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 29–36, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6413354>.
- [2] Sumantri, Rita F. "Kompetensi Pengelolaan Pembelajaran, Kecerdasan Interpersonal, Komitmen, Dan Kepuasan Kerja Guru SMK." *Jurnal Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Malang*, vol. 18, no. 1, 2012, doi: <https://doi.org/10.17977/jip.v18i1.3380>.
- [3] Nggi, Y. K. , Rerung, O. D. , & Nasarudin, "Perancangan Bushing Pengganti Bearing Pada Pompa Bahan Bakar Mesin Mtu 12v2000g62 Di PLTD Semau", *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 3 No. 2, Halaman: 12 - 15 Oct, 2020. <https://www.jurnal.pnk.ac.id/index.php/JTM/article/view/739>
- [4] Aliyus, K, "*Proses Pembuatan Bushing Frame Two Wheel Bogie Bwe Di PT Bukit Asam Tbk*", 2021.
- [5] Kriswanto, R. A., & Naryanto, R. F. N. "Optimasi Desain Permanent Magnetic Bearing Untuk Aplikasi Turbin Angin Daya 10 KW". *Jurnal Ilmiah Tekno Sains*, vol. 1, no. 1. Nov. 2015 <https://doi.org/10.26877/jitek.v1i1/November.834>
- [6] Widhiada, I. W., "*Mechanical Engineering Drawing And Design Dengan Menggunakan Software Autodesk Inventor Versi 2014 Dan 2017*". Engineering Dept. Udayana, Bali, 2017.
- [7] A. R. Z. Abdillah, I. . Malik, and S. Effendi, "Perancangan Berbasis Cad-Cae Pada Propeller Tiga Daun Untuk Perahu Kecil", *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, Feb. 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6413283>
- [8] Wang, M.-W., Arifin, F., & Huynh, T. T.-N. "Optimization of Molding Parameters for a Micro Gear with Taguchi Method". *J. Phys.: Conf. Ser.* **1167** 012001. Pp. 1-6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1167/1/012001>
- [9] Hardiputra, F., Djafar, A., & Sulistijono. "Perancangan As Roda Troli Pemanjat Tangga Berdasarkan Analisis Tegangan Dan Faktor Keamanan". *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan*, vol. 3, pp. 312–316, 2018.
- [10] Putra Maulana, A., & Arifin, F. (2023). "CFD analysis in investigating the impact of turbine blade number on the performance of hydro turbine". *Jurnal Polimesin*, vol. 21, no.3, Jun. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v21i3.3671>
- [11] A. Garmana, F. Arifin and Rusdianasari, "CFD Analysis for Combination Savonius and Darrieus Turbine with Differences in the Number of Savonius Turbine Blades," 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Mechatronics Systems (AIMS), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 1-5, doi: <https://doi.org/10.1109/AIMS52415.2021.9466009>.
- [12] Maulana, S. "Pemanfaatan Computational Fluid Dynamics (Cfd) Dalam Strategi Penelitian Simulasi Model Pada Teknologi Penghawaan Ruang". *Jurnal Education Building*, vol. 2, no. 2, pp. 10–13. Dec. 2016 <https://doi.org/10.24114/eb.v2i2.4393>
- [13] Mulyadi, "Buku Ajar CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)", *umsidapress*, pp. 1-145, Aug. 2021.
- [14] Lyons, W., Plisga, G., & Lorenz, M." *Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering* (3rd ed.)". Gulf Professional Publishing. 2015