

KEAUSAN POROS *PROPELLER* YANG BERLEBIHAN AKIBAT BEBAN RADIAL *SEAL* PADA LINGKUNGAN AIR LAUT

Samuel Febriary Khristyson^{1,2}, Solichin Djazuli Said², Muhammad Abdul Wahid¹, Slamet Khoeron¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UndipTembalang, Semarang Jawa Tengah, Indonesia 50275

Email: samuelfebirayk@gmail.com

Abstrak

Gesekan antara dua benda secara terus menerus mengakibatkan timbulnya keausan. Keausan yang terus menerus terbentuk mengakibatkan adanya kerusakan dan kecacatan pada material yang terkikis. Faktor yang akan menimbulkan terjadinya keausan dalam pemilihan material sangat mungkin menjadi bahan masukan dalam merencanakan suatu sistem propulsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku karakteristik keausan pada pasangan material kontak antara poros dengan seal akibat beban radial pada lingkungan air laut. Metode numerik dengan pendekatan Reynold dilakukan untuk mendapatkan pendekatan secara matematis terhadap pertemuan kontak antara dua benda. Terjadinya keausan seal dan poros *propeller* juga disebabkan oleh kombinasi antara interaksi gesekan terhadap pelumasan air laut. Beban radial pada putaran poros *propeller* menjadikan *seal* dan poros *propeller* mengalami keausan pada tingkat, volume, dan kedalaman yang berbeda-beda.

Kata Kunci: Poros, *Propeller*, *Seal*, Beban radial, *Speed boat*

Abstract

The friction between two objects causes constant wear and tear. Continuous wear and tear results in damage and defects to the eroded material. Factors that will cause wear in material selection are very likely to be input in planning a propulsion system. The purpose of this study was to determine the wear characteristics behavior of the contact material pair between the shaft and the seal due to radial loads in the seawater environment. Numerical method with Reynold's approach is used to obtain a mathematical approach to the contact meeting between two objects. The occurrence of seal and propeller shaft wear is also caused by a combination of friction interaction with seawater lubrication. The radial load on the rotation of the propeller shaft causes the seal and propeller shaft to experience wear at different levels, volumes and depths.

Keywords: Shaft, Propeller, Seal, Radial Force, Speed boat

1. PENDAHULUAN

Gesekan antara dua benda secara terus menerus mengakibatkan timbulnya keausan. Keausan yang terus menerus terbentuk mengakibatkan adanya kerusakan dan kecacatan pada material yang terkikis [1]. Dari kedua benda yang saling bergesekan maka akan partikel dari material tersebut akan terurai atau mengalami pengikisan secara sedikit demi sedikit [2]. Adapun dalam dunia perkapalan, perancangan sistem propulsi perlu diperhatikan susunan konstruksi sistem pendukungnya [3]–[5]. Seperti gambar 1 menunjukkan adanya keausan pada bagian

poros *propeller* kapal. Faktor yang akan menimbulkan terjadinya keausan dalam pemilihan material sangat mungkin menjadi bahan masukan dalam merencanakan suatu sistem propulsi [6]. Pencegahan keausan dan kegagalan sistem akibat yang ditimbulkan dari gesekan terkait keausan lebih penting daripada mengurangi gesekan karena dapat mengakibatkan kegagalan yang sangat besar dan gangguan operasional [7]. Dalam kasus seal atau bantalan, metode gesekan dan rentang pengurangan keausan dari desain mekanis yang ditingkatkan memberikan pengaruh yang berbeda pula tergantung dari sistem jenis pelumas untuk membuat suatu rekayasa

permukaan modern [8], [9]. Meskipun demikian, gesekan dan pengurangan keausan didekati dengan metode yang berbeda, tujuannya untuk perbaikan yang terletak pada pencegahan gesekan kondisi percampuran antar pelumasan [5], [10], [11].



Gambar 1. Bagian aus pada poros *propeller*

Studi sebelumnya dalam judul *Influence of both friction and wear on the vibration of marine water lubricated rubber bearing*, menggambarkan keberlanjutan dari aplikasi bantalan bearing pada poros yang memperhitungkan tingginya angka gesekan dan keausan yang terjadi [12]. *Sleeve* dengan kombinasi pada alat tes rig menunjukkan nilai 4000 putaran dan menghasilkan profil permukaan adanya keausan dalam dengan tingkat kedalaman yang berbeda-beda [9]. Senada dengan studi dengan judul *Influence of mechanical sealing surface shape of marine stern shaft on sealing performance*, menunjukkan adanya pengaruh perilaku keausan ekstrem terhadap pasangan material yang umum digunakan untuk bahan *seal*, seperti *aditif fosfat* khusus dan kandungan silika dapat menyebabkan keausan poros yang kuat [13]. Dari hasil analisisnya terdapat pengaruh adanya partikel benda asing yang terbentuk bersifat keras dan abrasif seperti Al_2O_3 , debu atau kotoran pada keausan dalam sistem kedapn *seal* [5]. Selain itu adanya perilaku *seal* yang terbuat dari FKM dan poros pada berbagai ukuran dan kandungan partikel karbon hitam pada *grease* (10W30, 0W20) menyimpulkan terdapat kandungan partikel yang menyebabkan lebih banyak keausan

terjadi [14]. Dalam kedua kasus tersebut, kandungan kontaminasi memiliki pengaruh yang kuat pada kedalaman keausan poros. Selanjutnya studi dalam judul *Design and analysis of the propulsion shafting system in a ship with single stern tube bearing*, merepresentasikan adanya pengaruh temperatur dan kondisi lingkungan terhadap pasangan material yang umum digunakan untuk bahan *seal* teori gesekan poros dengan partikel eksternal yang terkandung pada *seal* dan partikel abrasif bebas terbentuk [15]. Namun teori ini tidak dapat didukung untuk sistem lingkungan yang bersih (pelumas yang bebas tanpa partikel abrasif tambahan yang bekerja langsung pada bibir *seal* terkontak)[3]. Sementara suhu kontak dan gaya radial memiliki pengaruh pada keausan poros, korosi elektrokimia antara poros dan *seal* jarang diteliti[16]. Adapun korelasi dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini terdapat pada jenis material seal dan aplikasinya pada poros yang sama-sama memiliki keberlanjutan penelitian. Pada aplikasi kali ini kondisi lingkungan adalah air laut sesuai dengan kegunaannya sebagai penggerak poros *propeller* kapal.

Keausan abrasif, merupakan bentuk ekspresi yang lebih deskriptif keausan mekanis. Keausan tiga dimensi model goresan permukaan dengan kekerasan keras telah diusulkan dan dikonfirmasi melalui kesepakatan kuantitatif antara hasil eksperimen dan prediksi teoritis [17]. Volume keausan, V , diberikan oleh pendekatan 1

$$V = w_s WL \quad (1)$$

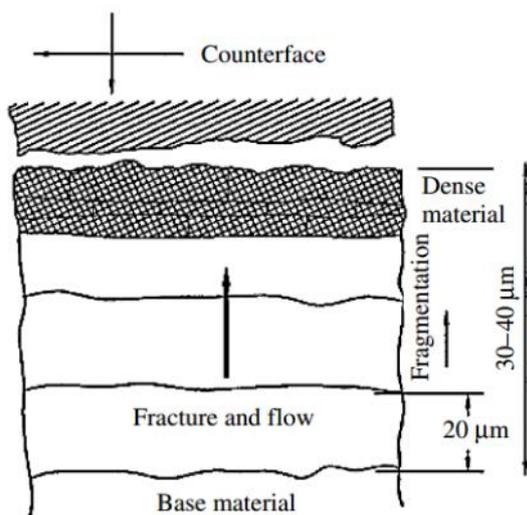
Dimana V menunjukkan volume keausan yang terbentuk, dan w_s merupakan nilai koefisien antara 10^{-2} to 10^{-10} mm^3/Nm dan WL adalah nilai keausan yang terkikis dalam satuan mm atau mm . sesuai dengan persamaan 1 maka dapat di kembangkan menjadi, seperti pada persamaan 2.

$$V = \alpha\beta \frac{WL}{Hv} \quad (2)$$

Dimana nilai α adalah nilai ekperimental yang menunjukkan angka antara 0 - 0.1 , sedangkan β adalah nilai antara 0 – 1.0 , tergantung dari sudut kontak dan material properties dari daerah yang mengalami kontak Kemudian dari persamaan ke 2 juga dapat diturunkan untuk mencari nilai w_s , terlihat dalam persamaan 3.

$$w_s = \frac{\alpha\beta}{Hv} \tag{3}$$

Karakteristik dari sifat material sendiri memiliki daerah dengan tingkat kekerasan yang berbeda beda. Seperti yang terlihat pada gambar 2 dimana permukaan kontak antara dua benda semakin keatas mengalami tingkat kekerasan yang lebih lunak dibanding dengan base metal.



Gambar 2 . Skema proses keausan [17]

Adapun batasan permasalahan pada penelitian ini adalah putaran 300 – 500 rpm mesin, kondisi air laut operasional pada daerah pantai utara Jawa Tengah, kondisi lingkungan adalah menggunakan pelumasan *grease*, lama penggunaan antara 4 – 6 jam dalam sehari. Temperature kerja yang terjadi saat operasi berlangsung keadaan tercelup air pada daerah yang mengalami kontak antara poros *propeller* dan *seal*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku karakteitik keausan

pada pasangan material kontak antara poros *propeller* dengan *seal* akibat beban radial pada lingkungan air laut.

2. METODE

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal dengan spesifikasi poros *propeller*, lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Spesifikasi

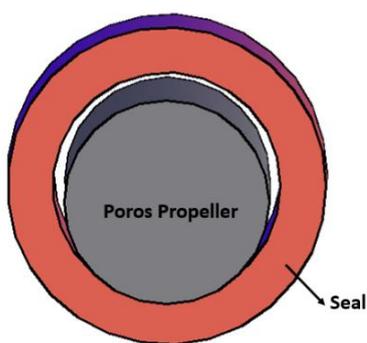
Ukuran	Nilai	Satuan
Length (LoA)	5.00	m
Breadth (B)	2.00	m
Height (H)	0.80	m
Draft (D)	0.50	m
Shaft Propeller	Carbon Stell	
Length Shaft	2.15	M
Diameter Shaft	46	mm
Bearing	Rubber Seal	
Diameter in	46	mm
Diameter out	51	mm

Ekperimen yang dilakukan adalah pengukuran data sebelum dan setelah pemakaian serta perhitungan secara numerik untuk medapatkan nilai pendekatan karakteristik keausan pada poros propeller. Variabel yang digunakan adalah kondisi kecepatan putaran mesin rata-rata pada penggunaan beban sarat penuh maksimum. Dan lama penggunaan operasional di laut rata-rata antara 4 sampai 6 jam waktu pemakaian dalam 3 bulan. Pengambilan waktu 3 bulan menunjukan pembagian waktu triwulanan untuk jangka perawatan pengecekan sistem propulsi kapal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini perhitungan menggunakan teori Reynold seperti pada pendekatan 1,2,3 [17]. Kemudian

dari data perhitungan tersebut dikelompokkan dalam suatu grafik untuk dipresentasikan dan di analisa sehingga akan lebih mudah dalam proses analisis. Selain itu dilakukan juga pengamatan dan pengukuran hasil keausan. Metode numerik ini merupakan pendekatan secara matematis yang dilakukan terhadap pertemuan kontak antara dua benda. Keterbaruan dari penelitian ini adalah perhitungan pada objek poros dengan ukuran kurang dari 5 inchi dan aplikasinya pada kapal *speedboat* berbahan drum karya mahasiswa. Setelah data didapatkan maka dilakukan perhitungan dengan bantuan perangkat lunak komputer dan dilakukan analisa dengan penggambaran yang di representasikan berupa model CAD.

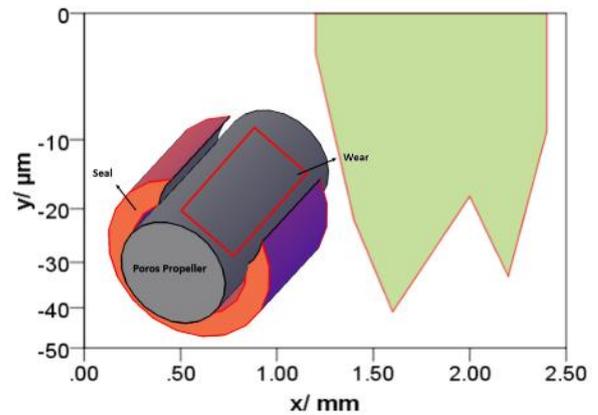
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data di lapangan kemudian dilakukan penggambaran untuk merepresentasikan daerah kontak pada poros propeller seperti terlihat pada gambar 3. Pada bagian bawah poros merupakan daerah kontak dengan seal saat poros tidak beroperasi. Daerah ini dapat dilakukan pengukuran dan perhitungan panjang dan luas area berdasarkan pendekatan matematik.



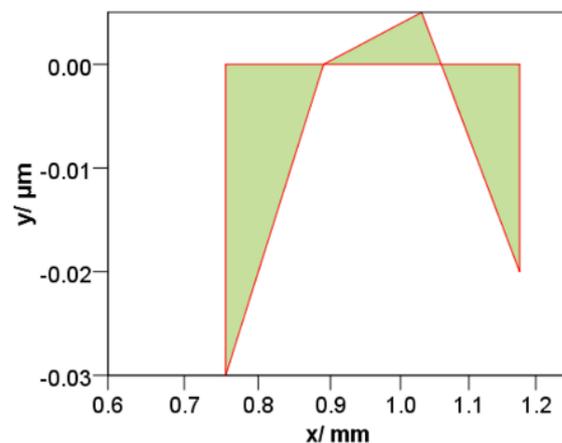
Gambar 3 . Daerah kontak poros dengan seal

Hasil perhitungan dan dilakukan pengelompokan data didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 . Grafik daerah keausan poros

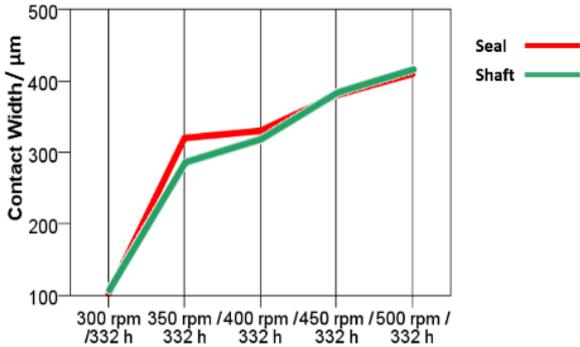
Pada bagian sumbu x adalah ukuran dari lebar bagian yang diukur, sedangkan pada sumbu y adalah tingkat kedalaman dari keausan. Dari hasil pengukuran kemudian di representasikan dalam bentuk grafik sumbu x dan y. Jika dilihat dari bentuk grafiknya. Pada gambar 4, menunjukkan tingkat kedalaman dari keausan daerah kontak maksimum hingga mencapai $-41 \mu\text{m}$, pada daerah sumbu radial sepanjang $1,67 \text{ mm}$. Kemudian puncak dari keausan kedua terjadi pada daerah radial sepanjang $2,3 \text{ mm}$ dengan nilai keausan sumbu y sebesar $-32 \mu\text{m}$.



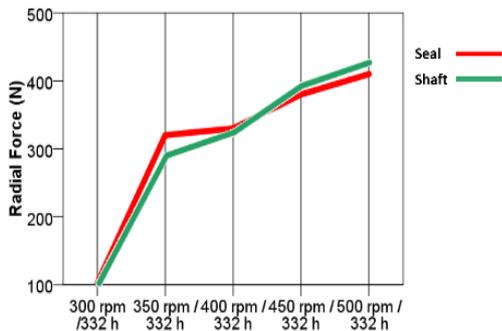
Gambar 5 . Grafik daerah keausan seal

Hal tersebut senada dengan yang terjadi pada seal dimana terdapat deformasi pada bagian material seal sehingga membuat terdapat daerah yang mengalami keausan sebesar $-0,03 \mu\text{m}$ pada daerah $0,74 \text{ mm}$ dan terpat puncak melebihi batas sumbu 0 yaitu pada $0,005 \mu\text{m}$ di jarak sumbu x sejauh $1,02$

mm, gambar 5. Kemudian dari hasil pengamatan dan pengukuran didapatkan nilai berdasarkan klasifikasi rpm putaran yang digunakan.

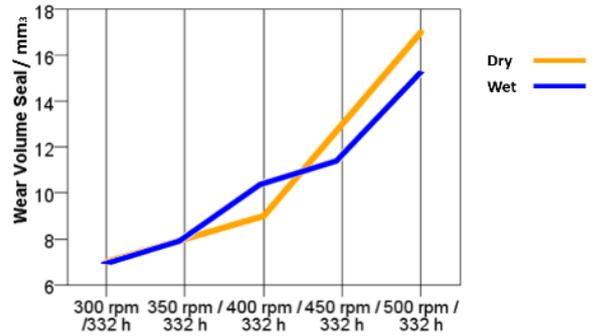


Gambar 6 . Grafik hubungan antara lebar keausan berdasarkan putaran poros *propeller*

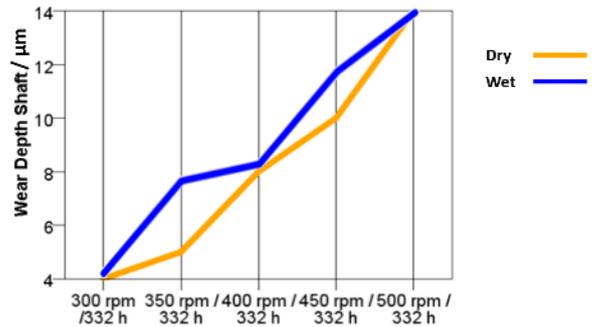


Gambar 7 . Grafik hubungan beban radial dengan putran poros *propeller*

Grafik tersebut, gambar 6 dan 7 diketahui lebar kontak tertinggi pada seal dan poros dengan kecepatan putaran 500 rpm dengan lama waktu 332 jam memiliki lebar kontak 410 µm . Sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap kedalaman keausan poros *propeller* yaitu mencapai 14 µm, pada kondisi basah. Disisi lain hal tersebut senada dengan beban radial tertinggi yaitu 408 N pada kinerja putaran yang tinggi juga. Hal tersebut dapat ditarik hasil sementara jika tipe kekerasan material akan mempengaruhi karakteristik lebar, kedalaman, volume dan gaya radial dari pengujian keausan dengan lingkungan operasional.



Gambar 8 . Grafik hubungan volume keausan pada seal dengan putran poros *propeller*



Gambar 9 . Grafik hubungan kedalaman keausan pada poros *propeller* dengan putaran poros *propeller*

Pada gambar 8 dan 9 menunjukkan tingkat penggunaan pada kondisi air laut (basah) memiliki pengaruh terhadap tingkat keausan suatu material. Terlebih kandungan garam pada air laut membuat kemampuan material melakukan oksidasi dan melepas partikel yang didalamnya akan lebih mudah cepat terjadi, ditambah putaran dan gesekan yang cukup tinggi tersebut. Nilai tingkat keausan *seal* pada kondisi kering sebesar 17 mm³ pada putaran rpm tertinggi. Sedangkan pada poros terjadi pada kondisi basah yaitu 14 mm³ pada putran rpm tertinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa selanjutnya dapat disimpulkan bahwa ada hubungan yang jelas antara keausan *seal* dan poros *propeller*. Terjadinya keausan *seal* dan poros *propeller* juga disebabkan oleh kombinasi antara interaksi gesekan terhadap pelumasan air laut. Beban radial pada putaran poros *propeller* menjadikan *seal* dan poros *propeller*

mengalami keausan pada tingkat, volume, dan kedalaman yang berbeda-beda.

Hasil perhitungan didapatkan hasil pada putaran maksimum yaitu 500 rpm mesin dengan lama waktu 332 jam terdapat lebar kontak 410 μm kedalaman keausan poros *propeller* yaitu mencapai 14 μm , pada kondisi basah dengan beban radial tertinggi yaitu 408 N. Nilai tingkat keausan *seal* pada kondisi kering sebesar 17 mm^3 pada putaran rpm tertinggi. Sedangkan pada poros terjadi pada kondisi basah yaitu 14 mm^3 pada putaran rpm tertinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Kurnia, B. Yulianto, J. Jamari, A. P. Bayuseno, and M. Tauviqirrahman, "Contact mechanism between shaft, key, and crank in the sand sieving machine," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2262, no. 1, p. 30015, Sep. 2020.
- [2] D. D. Susilo, A. Widodo, T. Prahasto, and M. Nizam, "Remaining Useful Life Estimation of the Motor Shaft Based on Feature Importance and State-Space Model," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 675–688, 2020.
- [3] W. Litwin, "Marine Propeller Shaft Bearings under Low-Speed Conditions: Water vs. Oil Lubrication," *Tribology Transactions*, vol. 62, no. 5, pp. 839–849, 2019.
- [4] C. Zhang, D. Xie, Q. Huang, and Z. Wang, "Experimental research on the vibration of ship propulsion shaft under hull deformation excitations on bearings," *Shock and Vibration*, vol. 2019, 2019.
- [5] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai, and C. Meengam, "Abrasive Wear Behavior of Surface Hardfacing on Propeller Shafts AISI 4140 Alloy Steel," in *Materials Today: Proceedings*, 2017, vol. 4, no. 2, pp. 1492–1499.
- [6] L. Piancastelli and S. Cassani, "Power Speed Reduction units for general aviation part 5: Housing/casing optimized design for propeller-driven aircrafts and helicopters," *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, no. 2, pp. 602–608, 2017.
- [7] J. Huang, X. Zhou, J. Wang, X. Tang, and F. Kuang, "Influence of temperature on friction of polymeric materials in water," *Wear*, vol. 426–427, pp. 868–876, 2019.
- [8] H. Jemii, A. Boubakri, A. Bahri, D. Hammiche, K. Elleuch, and N. Guermazi, "Tribological behavior of virgin and aged polymeric pipes under dry sliding conditions against steel," *Tribology International*, vol. 154, 2021.
- [9] A. Barszczewska, E. Pitkowska, and W. Litwin, "Selected Problems of Experimental Testing Marine Stern Tube Bearings," *Polish Maritime Research*, vol. 26, no. 2, pp. 142–154, 2019.
- [10] M. Wodtke and W. Litwin, "Water-lubricated stern tube bearing - experimental and theoretical investigations of thermal effects," *Tribology International*, vol. 153, 2021.
- [11] A. Barszczewska, "Experimental Research on Insufficient Water Lubrication of Marine Stern Tube Journal Bearing with Elastic Polymer Bush," *Polish Maritime Research*, vol. 27, no. 4, pp. 91–102, 2020.
- [12] H. Wang, Z. Liu, L. Zou, and J. Yang, "Influence of both friction and wear on the vibration of marine water lubricated rubber bearing," *Wear*, vol. 376–377, pp. 920–930, 2017.
- [13] X.-H. Zhou, Z.-L. Liu, X.-K. Meng, and J. Liu, "Influence of mechanical sealing surface shape of marine stern shaft on sealing performance," *Jiaotong Yunshu Gongcheng Xuebao/Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 95–102.
- [14] W. Litwin and C. Dymarski, "Experimental research on water-lubricated marine stern tube bearings in conditions of improper lubrication and cooling causing rapid bush wear," *Tribology International*, vol. 95, pp. 449–455, 2016.
- [15] Y.-G. Kim and U.-K. Kim, "Design and analysis of the propulsion shafting system in a ship with single stern tube bearing," *Journal of Marine Science and Technology*

- (*Japan*), vol. 25, no. 2, pp. 536–548, 2020.
- [16] C. L. Saw, S. A. Syed Ameer, C. G. Choong, and J. Shahril, “Seawater fluid structure interaction analysis through bearing liner structural modification approach,” *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, no. 4, pp. 1344–1347, 2017.
- [17] S. W., Gwidon, *Wear, Materials, Mechanism*. 2005.