

PENGARUH PENGGUNAAN MINYAK JAGUNG UNTUK CUTTING FLUID PADA PROSES FACE MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PERMUKAAN DAN LAJU KOROSI BAJA KARBON

Teguh Dwi Widodo ¹ ✉, Wahyu Handoyo Suwarso ³, Arif Wahyudiono ², Rudianto Raharjo ¹, Redi Bintarto ¹, Mega Nur Sasongko ¹, Djarot Bangun Darmadi ¹, Yustiza Rahadian Setiawan ¹.

¹*Mechanical Engineering Department
Brawijaya University
MT. Haryono, 167, Malang,
East Java, INDONESIA
widodoteguhdwi@ub.ac.id
rudiantoraharjo@ub.ac.id
redibintarto@ub.ac.id
megasasongko@ub.ac.id
b_darmadi_djarot@ub.ac.id
yustizawelah@student.ub.ac.id*

²*Mechanical Engineering Department
Malang State University
Jl. Cakrawala No.5, Malang,
East Java, INDONESIA
Arif.wahyudiono.ft@um.ac.id
wahyuhs@plnnusantarapower.co.id*

³*PT PLN Nusantara Power
Jl. Ketintang Baru No.11, Ketintang,
Surabaya, East Java, INDONESIA
wahyuhs@plnnusantarapower.co.id*

Abstract

The corrosive coastal environment will result in a high corrosion rate for any equipment installed there. This is due to the constant exposure to saltwater, high humidity levels, and strong winds. Therefore, it is crucial to use corrosion-resistant materials and regularly maintain the equipment to ensure its longevity in such an environment. One method to reduce the rate of corrosion is to pay close attention to the manufacturing parameters of these components, one of which is the face milling process. The aim of this study is investigating the effect of face milling process with different dept of cut using minimum quantity lubrication method with corn oil as a renewable vegetable cutting fluid. In this study AISI 316L stainless steel was face milled using HAAS VF-2 CNC machine. The depth of cut is varied between 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm, 0.5 mm, and 0.6 mm. The results demonstrated that the greater the depth of cut, the greater the surface roughness value that will be generated. It is resulting in increment in the corrosion rate value.

Keywords: Face Milling, Vegetable Cutting Fluid, Corn Oil, Corrosion, Surface Roughness.

1. PENDAHULUAN

Salah satu logam yang sering digunakan dalam industri manufaktur adalah baja tahan karat atau yang biasa dikenal dengan *stainless steel*^[1-3]. Baja tahan karat AISI 316L merupakan baja tahan karat yang biasa digunakan sebagai bahan sudu turbin untuk aplikasi pada pembangkit listrik atau peralatan kelautan^[4]. Selain sudu turbin *stainless steel* AISI 316L juga digunakan pada komponen turbin *guide vane* salah satunya adalah turbin aksial yang mengubah gelombang air laut menjadi energi listrik^[5].

Penggunaan turbin *borehole* di Indonesia belum ada, namun karena Indonesia dikelilingi laut, potensinya sangat besar. Shintawati melakukan kajian potensi pengembangan PLTGL di Indonesia dan menyimpulkan bahwa perairan Banten - NTB di Samudera Hindia bagian selatan dapat menghasilkan 1.088.944,7 *watt* dengan tinggi gelombang rata-rata 7 meter dan

Corresponding Author:

✉ Teguh Dwi Widodo

Received on: 2023-07-25

Revised on: 2023-11-13

Accepted on: 2023-11-14

mengalirkan listrik ke sekitar 71 rumah penduduk di sekitar pantai^[6]. Penerapan turbin sumur di pantai harus memiliki nilai anti korosi yang tinggi karena lingkungan yang sangat korosif. Korosi dapat didefinisikan sebagai degradasi suatu logam akibat reaksi kimia dan elektrokimia antara logam dengan lingkungannya, derajat korosi yang dapat terjadi pada suatu logam tergantung dari jenis logam dan lingkungannya^[7].

Selama proses pembuatan, perhatian harus diberikan pada parameter pemesinan dan proses yang digunakan karena sangat mempengaruhi kualitas bagian akhir yang dihasilkan^[8]. *Facing* adalah proses dimana alat *face* diletakkan pada sumbu yang sumbunya tegak lurus dengan posisi *part*. Di sekitar opasitas ada pahat yang sangat tajam di bagian tepinya^[9]. Proses pemesinan yang digunakan akan sangat menentukan kekasaran permukaan yang terdapat pada permukaan *part*. Kekasaran permukaan merupakan parameter penting dalam hasil proses pemesinan, pada umumnya kekasaran permukaan yang rendah dicari dan dikembangkan^[10]. Pada penelitian yang melibatkan *stainless steel*, disimpulkan bahwa ketahanan korosi berbanding terbalik dengan nilai kekasaran permukaan^[11].

Gesekan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan pada permukaan. Gesekan pada saat proses pemesinan dapat diminimalisir dengan penggunaan *cutting fluid*, dimana *cutting fluid* dapat membantu menghilangkan *chip* hasil pemotongan dimana *chip* merupakan salah satu yang menyebabkan gesekan yang merusak permukaan benda kerja. Selain itu fungsi fluida pemotongan yang lain adalah menghantarkan panas dari daerah pemotongan sehingga menghasilkan suhu benda kerja yang stabil^[12]. Sekitar 85% pelumas yang digunakan adalah minyak bumi^[13]. Penggunaan minyak berbasah dasar minyak bumi berdampak buruk bagi lingkungan, apalagi jika digunakan secara tidak tepat dapat mengakibatkan pencemaran sumber air permukaan dan air tanah serta udara dan tanah, sehingga berdampak pada pencemaran produk dan makanan^[14].

Salah satu metode penyediaan *coolant* selama *machining* adalah metode *minimum quantity lubrication* atau biasa dikenal dengan metode MQL. Metode MQL merupakan teknik pelumasan yang menggunakan udara tekan untuk memproyeksikan pelumas ke dalam bidang kontak antara benda kerja dan pahat, pelumas kontak mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja, sehingga meminimalkan kenaikan suhu.

Maka untuk mengetahui bagaimana pengaruh proses permukaan material *stainless steel* 316L terhadap korosi, dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *cutting fluid* berbasah minyak jagung pada proses pemesinan *Face Milling* baja tahan karat AISI 316L. *Cutting fluid* dialirkan ke *system* pemesinan dengan menggunakan mekanisme minimum quantity (MQL), sedangkan untuk mengetahui efektifitas minyak jagung maka proses *face milling* di variasikan dengan beberapa *depth of cut* yang berbeda.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, *Stainless steel* 316L digunakan sebagai material dimana komposisi kimianya di tunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Komposisi kimia *stainless steel* 316L

C	Mn	P	S	Si
0.03	2.00	0.045	0.03	0.75
Mo	N	Fe	Cr	Ni
2.2	0.10	67.8	16.7	12.4

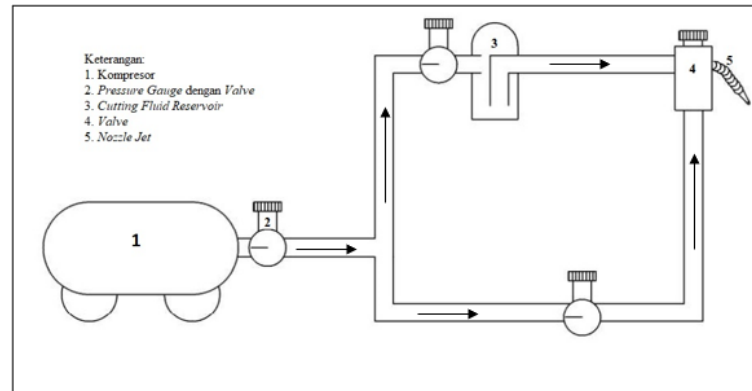
Sebelum proses *face milling*, *Stainless* 316L dilakukan proses *annealing* untuk menghilangkan tegangan sisa pada permukaannya. Sementara itu pahat yang di gunakan

adalah dengan *Nachi List 9442* yang diproduksi oleh Nachi-Fujikoshi Corp. (Toyama, Japan). Parameter *face milling* dalam percobaan diberikan dalam Tabel 2.

Sementara itu dalam proses *face milling* kecepatan pemotongan yang di gunakan yaitu 80 mm/min. Sementara itu debit volume MQL *Cutting fluid* Minyak Jagung yang di gunakan adalah 220 ml/jam. Proses *Face Milling* menggunakan mesin HAAS VF-2, sedangkan alat MQL yang di install pada mesin *Face milling* tersebut di tunjukkan pada Gambar 1.

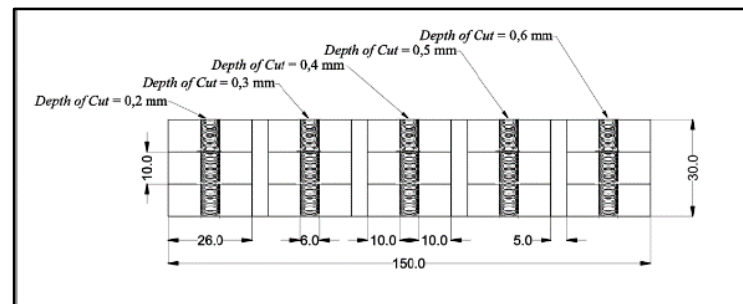
Tabel 2. Parameter *Face Milling*

Variabel	Parameter	Keterangan
Variabel Bebas	<i>Depth of cut</i>	0.2 mm
		0.3 mm
		0.4 mm
		0.5 mm
		0.6 mm



Gambar 1. Skema instalasi MQL

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-301 dengan mengambil data sebanyak 3 titik sampel pada setiap alurnya seperti yang ada pada Gambar 2.



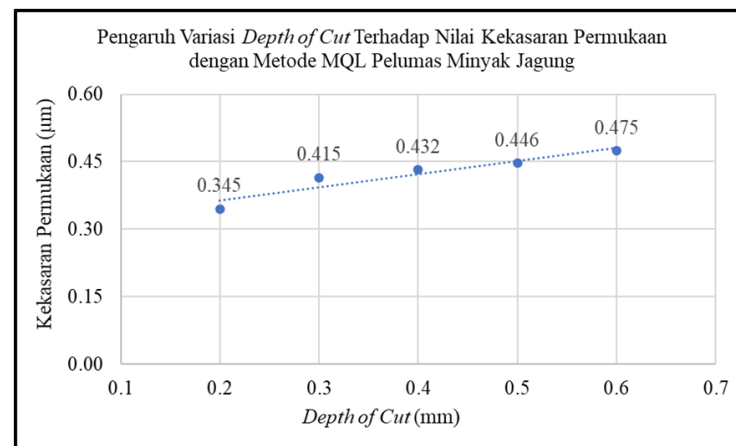
Gambar 2. Skema alur pada proses *face milling*

Sementara itu pengujian laju korosi menggunakan alat *palm sense* dengan metode *potentiodynamic polarization*. Pengujian laju korosi menggunakan air laut sebagai larutan elektrolit, dimana sesuai pada aplikasinya sebagai turbin pembangkit listrik tenaga gelombang laut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh *depth of cut* terhadap *surface roughness*

Gambar 3 merupakan grafik pengaruh variasi *depth of cut* terhadap nilai kekasaran permukaan dengan metode MQL Pelumas Minyak Jagung. Pada grafik sumbu x merupakan variasi *depth of cut* yang digunakan dan sumbu y merupakan nilai dari kekasaran permukaan rata – rata yang dihasilkan oleh variasi yang digunakan. Nilai kekasaran permukaan pada grafik merupakan nilai rata – rata dari tiga kali pengambilan data pada setiap variasinya. Dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan terendah terdapat pada variasi *depth of cut* 0,2 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,345 mm, disusul oleh variasi *depth of cut* 0,3 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,415 mm, variasi *depth of cut* 0,4 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,432 mm, variasi *depth of cut* 0,5 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,446 mm, dan pada variasi *depth of cut* 0,6 mm memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling tinggi yaitu 0,475 mm.



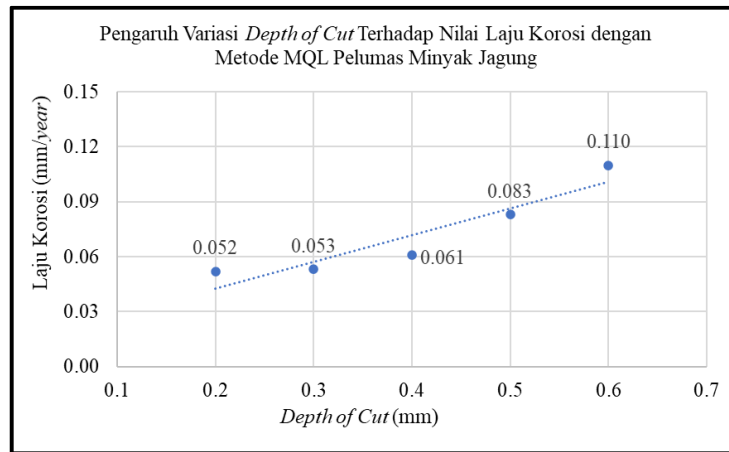
Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi *Depth of Cut* terhadap Nilai Kekasaran Permukaan dengan Metode MQL Pelumas Minyak Jagung

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi *depth of cut* yang digunakan maka akan semakin tinggi pula nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hasil pengujian ini sudah sesuai dengan dasar teori bahwa semakin tinggi penggunaan nilai *depth of cut* maka akan semakin tinggi pula kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi karena adanya *depth of cut* yang semakin besar akan membuat gaya potong yang dibutuhkan menjadi lebih besar, sehingga beban yang digunakan pada saat proses permesinan lebih besar dan akan mengakibatkan spesimen menghasilkan nilai kekasaran yang lebih tinggi. Penelitian ini juga sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya dengan menggunakan minyak mineral, sehingga minyak jagung mempunyai karakter yang menyerupai dengan minyak mineral jika di gunakan sebagai *cutting fluid* [18].

3.2. Pengaruh *depth of cut* terhadap laju korosi

Pengaruh Variasi *Depth of Cut* terhadap Nilai Laju Korosi dengan Metode MQL Pelumas Minyak Jagung ditunjukkan pada Gambar 4. Sumbu x merupakan variasi *depth of cut* yang digunakan, sedangkan sumbu y merupakan nilai dari laju korosi yang dihasilkan oleh variasi yang digunakan. Nilai laju korosi terendah terdapat pada variasi *depth of cut* 0,2 mm dengan nilai laju korosi 0,052 mm/year, disusul oleh variasi *depth of cut* 0,3 mm dengan nilai laju korosi 0,053 mm/year, variasi *depth of cut* 0,4 mm dengan nilai laju korosi 0,061 mm/year,

variasi *depth of cut* 0,5 mm dengan nilai laju korosi 0.083 mm/year, dan pada variasi *depth of cut* 0,6 mm memiliki nilai laju korosi yang paling tinggi yaitu 0.110 mm/year.



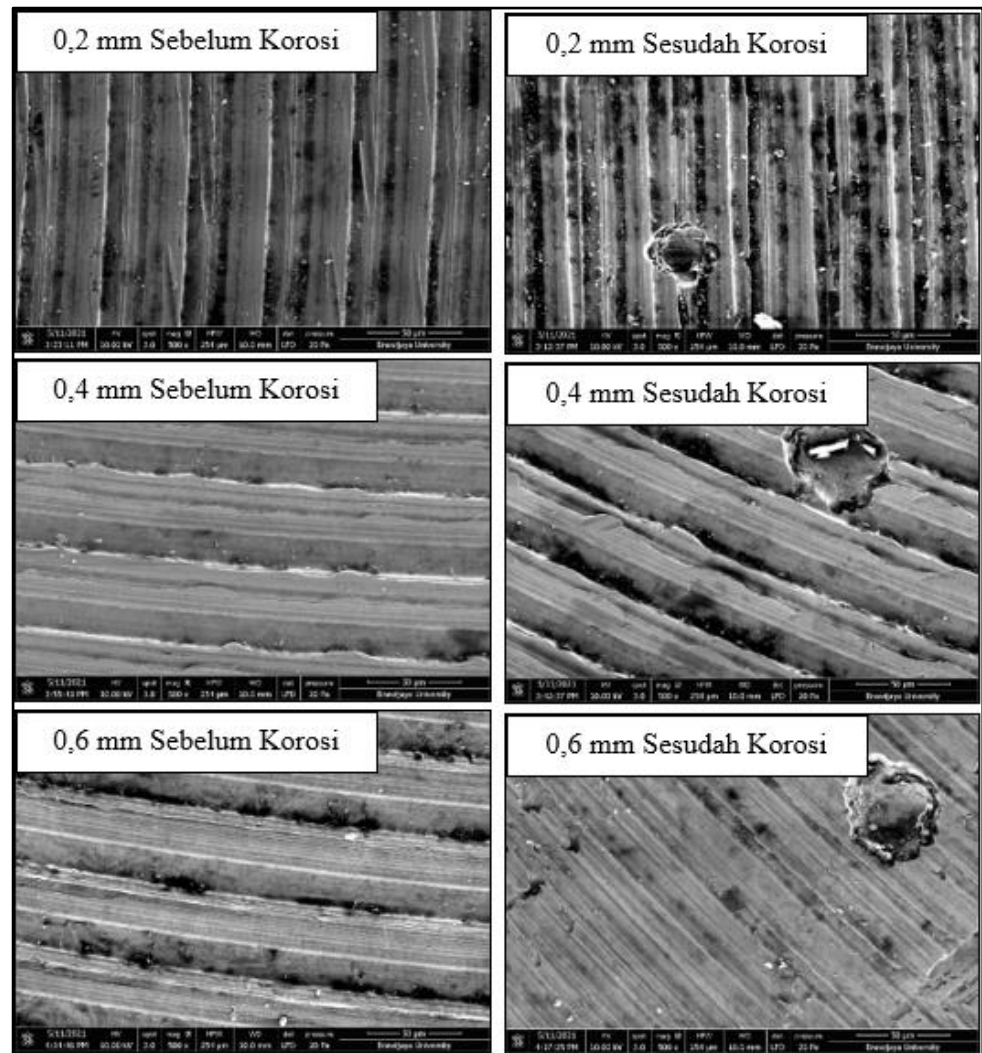
Gambar 4. Grafik Pengaruh Variasi *Depth of Cut* terhadap Laju Korosi

Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi variasi *depth of cut* yang digunakan maka akan semakin tinggi pula nilai laju korosi yang dihasilkan. Hasil pengujian ini sudah sesuai dengan dasar teori yang tercantum bahwa semakin tinggi penggunaan nilai *depth of cut* maka akan semakin tinggi pula nilai laju korosi yang dihasilkan. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya *depth of cut* yang semakin besar akan menghasilkan nilai kekasaran yang semakin tinggi. Semakin meningkatnya kekasaran permukaan akan berbanding lurus dengan kenaikan nilai laju korosi yang dihasilkan, hal itu disebabkan karena semakin tinggi kekasaran permukaan maka luas permukaan yang ada pada spesimen akan semakin besar sehingga pembentukan lapisan film pasif akan semakin lama terbentuk dan laju korosi akan meningkat^[11, 15].

3.3. Analisis SEM

Spesimen *stainless steel* 316L diuji SEM untuk dilihat dan diamati perubahan yang terjadi pada sebelum dan sesudah uji korosi dilakukan. Pengujian SEM dilakukan dengan perbesaran 500x untuk mendapatkan morfologi spesimen hasil dari proses *face milling* dari variasi *depth of cut*. Hasil pengujian SEM di tunjukkan pada Gambar 5.

Alur pahat sebelum uji korosi pada variasi *depth of cut* 0,2 mm lebih halus daripada variasi 0,4 mm dan 0,6 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Hal ini menandakan bahwa variasi *depth of cut* 0,2 mm memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan 0,4 mm lalu 0,6 mm memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling tinggi hal ini sudah sesuai dengan pembahasan sebelumnya yang sudah disebutkan. Pada gambar sesudah uji laju korosi padah dilihat bahwa luasan lubang korosi yang terjadi pada variasi *depth of cut* 0,2 mm memiliki luasan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan variasi *depth of cut* 0,4 mm, begitu pula pada variasi *depth of cut* 0,4 mm memiliki luasan yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan variasi *depth of cut* 0,6 mm.



Gambar 5. Foto hasil uji *scanning electron microscope* pada spesimen dengan variasi *depth of cut* pada metode MQL pelumas minyak jagung

Korosi yang terjadi pada spesimen merupakan jenis korosi *pitting* sesuai dengan hasil yang terlihat pada Gambar 5. Korosi *pitting* merupakan korosi yang terjadi akibat rusaknya lapisan pasif dan diikuti oleh korosi lokal sehingga menghasilkan lubang dan pada sekelilingnya terjadi pembentukan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang menumpuk seperti pada ilustrasi, biasanya terjadi karena adanya anionik agresif serta ion klorida. Pada saat pengujian korosi penggunaan air laut sebagai cairan elektroda sangat mempengaruhi korosi yang dihasilkan, dikarenakan air laut kaya akan kandungan klorida, klorida sendiri merupakan anion dari asam kuat dan ukurannya relatif kecil dan memiliki sifat difusifitas yang tinggi dan dapat mengganggu pasivasi serta berada sebagai kontaminan^[16].

4. KESIMPULAN

Proses *Face milling* dengan menggunakan *cutting fluid* minyak jagung menunjukkan semakin tinggi variasi *depth of cut* yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi nilai *depth of cut* yang digunakan akan membuat gaya potong yang dibutuhkan menjadi lebih besar, sehingga beban yang digunakan pada saat proses permesinan lebih besar dan akan

mengakibatkan spesimen menghasilkan nilai kekasaran yang lebih tinggi. Hal ini mempunyai karakter yang sama dengan karakter dari proses *face milling* dengan menggunakan minyak mineral^[17].

Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan pada spesimen akan mengakibatkan semakin tingginya pula nilai laju korosi yang akan dihasilkan dan dengan tingginya nilai laju korosi maka akan menyebabkan semakin besar peluang terjadinya korosi. Hal ini dikarenakan permukaan yang lebih kasar memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga tempat untuk pembentukan *pitting* menjadi lebih besar dan pembentukan lapisan film pasif lebih lama terbentuk.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Universitas Brawijaya yang telah ikut mendanai proses penelitian ini dalam bentuk dana DIPA Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhaiveegan, P., Elangovan, T., Nishimura, T., & Rajendran, N. Corrosion Behavior of 316L and 304 *Stainless steels Exposed to Industrial-Marine-Urban Environment*, *RSC Advance*, Issue 54, pp. 1-6, 2016
- [2] Widodo, TD., Raharjo, R., Bintarto, R., Pengaruh Tekanan Pemotongan Terhadap Laju Korosi *Stainless Steel* 316l Dengan Proses *Abrasive Water Jet Cutting* (AWJ), *Rekayasa Mesin*, V 13. No.1, pp. 291-296, 2022.
- [3] Widodo, TD., Raharjo, R., Bintarto, R., *Effect of Stand of Distance (SOD) of Abrasive Water Jet Cutting processes on the Corrosion Properties of Material implant Stainless Steel 316L*, *Key Engineering Material*, Vol. 940, No.1, pp. 107-113, 2023.
- [4] Dong, Zhihao., Zhou, T., Liu, J., Zhang, X., Shen, B., Hu, W., & Liu, Lei. *Effects of Pack Chromizing on the Microstructure and Anticorrosion Properties of 316L Stainless steel*, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 366, pp.86-96, 2019
- [5] Vieira, M., Sarmiento, A., & Reis, L. *Failure Analysis of the Guide Vanes of the Pico Wave Power Plant Wells Turbine*, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 56, No. 1, pp 98-108, 2015
- [6] Shintawati, D. W., Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem *Oscillating Water Column* (OWC) di Kelautan Indonesia, *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Bai, Yong., & Bai, Qiang. *Subsea Pipeline Integrity and Risk Management*. 1st Edition - February 21, 2014, Elsevier.
- [8] Izamshah, R., Mo, J. P. T., & Ding, Songlin., *Hybrid Deflection Prediction on Machining Thin – Wall Monolithic Aerospace Component*. *Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 226, No. 4, 2012.
- [9] Groover, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing, Material, Processes and System Fifth Edition*. Willey, 2013
- [10] Zong, W. J., Huang, Y. H., Zhang, Y. L., & Sun, T. Conservation Law of Surface Roughness in Single Point Diamond Turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol.84, pp. 58-63, 2014.
- [11] Sajid, H. U., & Kiran, R. *Influence of Corrosion and Surface Roughness on Wettability of ASTM A36 Steels*, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 144, pp. 310-326, 2018.

- [12] Daniel, C. M., Rao, K. V. C., Olson, W.W., & Sutherland, J. W. *Effect of Cutting Fluid Properties and Application Variables on Heat Transfer in Turning and Boring Operations*. *Procedia Manufacturing*, Vol. 133, pp.327-334, 2019.
- [13] Loredana, Pop., Puscas, Cosmina., Bandur, Geza., Vlase, Gabriela., & Nutiu, Remus. 2007. *Basestock Oils for Lubricants from Mixtures of Corn Oil and Synthetic Diesters*. Romania: West University of Timisoara. Vol. 85, pp. 71–76, 2008.
- [14] Birova, A., Pavlovicova, A., & Cvengros, J. *Lubricating Oils Based on Chemically Modified Vegetable Oils*. *Bioresource Technology*, Vol. 101, Issue 1, pp. 245-254, 2010.
- [15] Pradhan, Dhananjay., Mahobia, Girija Shankar. 2017. *Effect of Surface Roughness on Corrosion Behavior of the Superalloy IN718 in Simulated Marine Environment*. *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 740, No.5, pp. 250-263, 2018.
- [16] Kapil Singh and Rajesh Kr, *Effect of Process Parameters on Surface Roughness in Face Milling of AA1100/10wt%ZrO2 MMC*, *International Journal of Science and Research*, Vol.4 No.6, pp. 2031-2034, 2015.
- [17] Thomas and Adler R., 2003. *ASM Metals Handbook Vol. 13A. Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection*.
- [18] F. Rabiei, A.R. Rahimi, M.J. Hadad, M. Ashrafijou, *Performance improvement of minimum quantity lubrication (MQL) technique in surface grinding by modeling and optimization*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 86, pp.447-460, 2016.