

Modifikasi *Tack Welding* pada *Four Flute Spiral HSS End Mill Router Cutting* Proses Pemotongan *High Density Polyethylene (HDPE) Sheet* sebagai Material Alternatif Konstruksi Kapal Ikan

Samuel Febriary Khristyson

Department of Industrial Technology, School of Vocational, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

Article Info

Keywords:

Fishing boat construction, HDPE, CNC Router, End Mill, Tack Weld.

ABSTRACT

[*Modification of Tack Welding on Four Flute Spiral HSS End Mill Router Cutting Process High Density Polyethylene (HDPE) Sheet as Alternative Material for Fishing Boat Construction*] HDPE is an alternative to be a substitute for wood that can be applied to fishing boats. The technology of using CNC Router cutting as a part cutting technique is quite well developed in the polymer industry. The purpose of this study was to determine the effect of tack weld on four flute spiral HSS end mill router cutting in the process of cutting high density polyethylene (HDPE) sheet as an alternative material for fishing boat construction. The results of this study at the same rotation conditions and the same HDPE thickness, showed that at the end mill without modification the diameter was 12 mm, max. temperature 42,10 °C with 13,23 min/meter, and on modification max. temperature 43.50 °C with 13.22 min/meter. At end mill without modification diameter 14 mm, max. temperature 44.12 °C with 14.34 min/meter and on the modification max. temperature 45.15 °C with 14.23 min/meter.

© 2022 JPV: Jurnal Pengabdian Vokasi Universitas Diponegoro

1. Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki potensi yang banyak akan jenis kapal ikan (Khristyson et al., 2021). Salah satu sumber material terbesar untuk membuat kapal ikan tradisional bagi para nelayan adalah kayu (Sulaiman et al., 2020). Bahan kayu memiliki nilai ketergantungan yang tinggi terhadap konsumable yang ada di hutan Indonesia. Belum lagi terhadap sektor industri lainnya seperti mebel, furnitur, dan lain-lainnya. Adanya alternatif pengganti kayu yang diharapkan mampu menjaga keberlanjutan energi yang menjadi perhatian khusus pada kalangan peneliti (Sulaiman, 2022). Pengembangan material *renewable* atau *recycle* menjadi terobosan terbaru bagi konsep penggunaan kayu yang berlebihan. Adapun material polimer yang

ulang yang cukup baik dan ramah lingkungan (Sulaiman, 2022). *High Density Polyethylene (HDPE)* menjadi salah satu alternatif untuk menjadi bahan material pengganti kayu yang dapat diaplikasikan kepada kapal ikan. Namun demikian beberapa penelitian dan studi sebelumnya telah menunjukkan adanya kemungkinan penggunaan material HDPE sebagai salah satu alternatif ini (Q. Zhang et al., 2022).

Teknologi penggunaan *CNC Router cutting* sebagai salah satu teknik pemotongan part cukup baik dikembangkan di dunia industri. Dalam khusus ini aplikasi pada HDPE, beberapa penelitian terdahulu menunjukkan pengaruh *end mill* mesin *CNC Router* terhadap perlakuan pemotongan dengan sistem pelumasan basah memiliki tingkat resiko yang disesuaikan dengan jenis material yang akan dipotong (Davis et al., 2021). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kualitas permukaan akibat kontak antara *end mill* dengan material yang dikompensasi dapat meningkat secara signifikan (Liang et al., 2022). Kesalahan pada tahap pendinginan lateral memiliki

* Corresponding author:

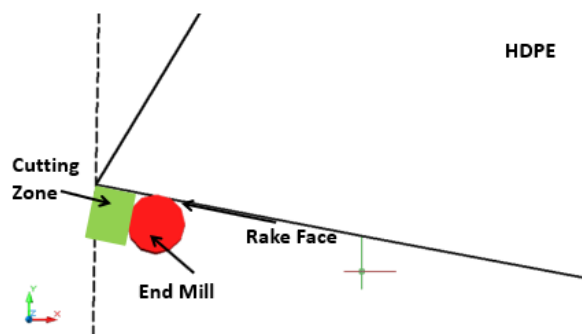
E-mail addresses: samuelfebriaryk@staff.undip.ac.id

memiliki ketahanan serta kemampuan untuk terdaur

dampak penting pada permukaan hasil pemotongan akibat *end mill*, yang secara signifikan akan meningkatkan kekasaran permukaan dan mengurangi kualitas permukaan material (Cui et al., 2022). Demikian pula dampak dari parameter pemotongan dengan *end mill* yang berbeda arah gayanya, sehingga kecepatan pemakanan yang lebih rendah, kedalaman pemotongan aksial dapat mengurangi gaya potong (Wang et al., 2022).

Namundemikian salah satu upaya untuk mengoptimalkan hal tersebut maka dengan menggunakan *spot weld / tack weld* yang perlu dipelajari lebih lanjut seiring dengan modifikasi bahan alat potong HDPE yang tentunya memiliki tingkat ketahanan material yang berbeda-beda (Tian et al., 2022; L. Zhang et al., 2022). Salah satunya pada uji tegangan kelelahan material pada struktur yang menggunakan *tack weld*, tegangan struktural yang relevan di bawah kondisi pembebanan yang kompleks memerlukan perhitungan dan analisa simulasi secara matematis guna mendapatkan nilai kekuatan material terbaik (L. Zhang et al., 2022). Juga, pemindaian mikroskop elektron (SEM) dari permukaan fraktur spesimen *tack weld* menunjukkan bahwa efek ampere pada pengelasan arus DC +, DC - atau AC pada umur kelelahan sambungan memiliki tingkat efektivitas yang berbeda-beda (Sidhom et al., 2022; Tian et al., 2022). Elektroda pada sambungan juga berpengaruh terhadap peningkatan umur kelelahan dan kekuatan material (Ghanbari et al., 2022).

Adapun skema dari proses pemotongan HDPE menggunakan *CNC Router*, lihat gambar 1.



Gambar 1. Skema proses *cutting* HDPE

Daerah pada warna hijau menunjukkan bagian yang telah terpotong oleh *end mill*. Fungsi *rake face* adalah sudut masuk kontak antara HDPE sheet dengan *end mill*. Gaya yang bekerja pada *end mill* terdiri dari arah vertikal dan arah pemakanan horisontal baik maju ataupun mundur. Proses pemotongan oleh *end mill* memiliki beberapa parameter diantara sudut masuk ulir (*helix angle*) yang mempengaruhi *rake face*. Dengan demikian maka kecepatan pemotongan tergantung dari besar kecilnya sudut yang dapat mengurangi hingga memotong material HDPE oleh

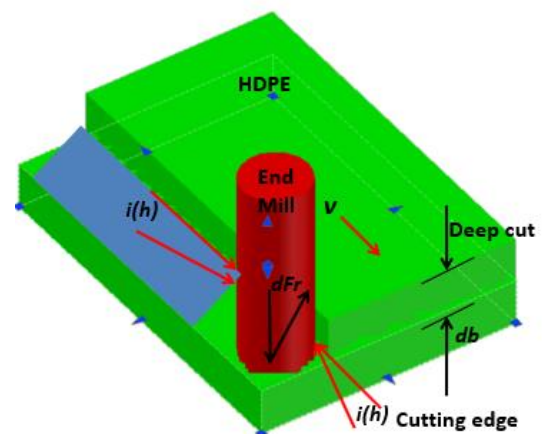
end mill. Adapun pendekatan yang digunakan, (Lizzul et al., 2021) adalah :

$$R' = \sqrt{R_1^2(h) - f_h^2 \cos^2 \theta - f_h \sin \theta} \quad (1)$$

Dimana R' adalah ketebalan daerah pemotongan (mm) dan (h) adalah sudut masuk atau *contact end mill* dengan HDPE ($^\circ$), sedangkan $f_h^2 \cos^2 \theta$ dan $f_h \sin \theta$ masing-masing menunjukkan arah gaya pada *end mill* (N). Sehingga jika dikaitkan dengan waktu pemakanan (t) maka dapat digunakan pendekatan, (Sun et al., 2022) :

$$db_j = v_s \cdot dt \quad (2)$$

Dimana db_j menunjukkan daerah area pemotongan (mm), V_s adalah kecepatan (m/s) atau putaran rpm mesin, dan dt adalah waktu yang diperlukan untuk proses pemotongan (s) dimulai dari saat melakukan pemakanan terhadap material HDPE. Sehingga simulasi dapat digambarkan sesuai gambar 2, terlihat jika posisi dan bentuk *end mill* akan mempengaruhi area pemakanan sehingga pada bagian hasil kerapian dan tingkat kepresisian dapat dinilai dari hasil pemotongan. Faktor-faktor lain dapat sebagai parameter yang menunjukkan bagaimana proses pemotongan tersebut berlangsung. Karena beban yang begitu besar diterima oleh *end mill* ketika melaju sesuai dengan pergerakan (V) maka bagian pengecam (*holder*) akan sering terlepas dan menimbulkan kecacatan goresan permukaan pada daerah *shank end mill*.



Gambar 2. Simulasi proses *cutting* dengan *CNC Router*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian *tack weld* terhadap *four flute spiral HSS end mill router cutting* dalam proses pemotongan *high density polyethylene (HDPE) sheet* sebagai material alternatif konstruksi kapal ikan.

2. Metode

Pada penelitian ini menggunakan objek penelitian berupa *end mill CNC Router* dan material *HDPE sheet* terdiri dari ketebalan 10 mm, 20 mm, 40 mm. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dimana perbandingan antara *end mill* yang digunakan untuk pemotongan dengan modifikasi *tack weld* dan tanpa *tack weld* menjadi perhatian khususnya waktu operasional kerja mesin *CNC Router* dan temperatur kerja pada *end mill* ketika proses pemotongan *HDPE sheet*. Pengamatan dilakukan selama proses eksperimen untuk memperoleh data secara empiris kemudian dianalisa dan dikelompokkan menjadi data grafik yang dapat dianalisa dan dapat dirumuskan kesimpulan sementara dari hasil eksperimen modifikasi tersebut. Penggunaan *end mill* memiliki variasi, lihat tabel 1.

Tabel 1. Dimensi *End mill*

No	Type End Mill	Dia. (mm)	Helix Angle	Shank Length (mm)	Flute Length (mm)	Total Length (mm)
1	Four Flute	12	45	50	50	100
	Spiral					
2	Four Flute	14	45	40	50	90
		12	45	50	50	100
	Spiral (modf.)	14	45	40	50	90
		12	45	40	50	90

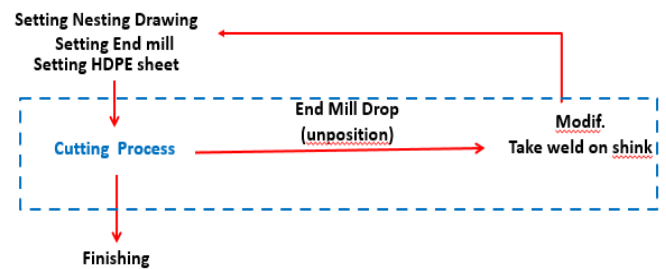
Pada tabel 1, dapat diketahui ukuran dimensi *end mill* yang digunakan serta untuk spesifikasi *end mill* yang dilakukan modifikasi. Diameter yang digunakan dikhususkan pada diameter 12 mm dan 14 mm, dikarenakan untuk melakukan proses pemotongan part yang cukup besar (*HDPE sheet* dengan tebal 10 untuk bagian lambung kapal dan *stiffner*, tebal 20 mm untuk bagian wrang dan gading kapal, dan tebal 40 mm untuk bagian lunas kapal, dan menyesuaikan bentuk ukuran *holder* yang sesuai dan maksimal dari *CNC OMNI 1325*. Metode pemakanan part oleh *end mill* dengan ketebalan secara bertahap 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm sesuai dengan kelipatannya.



Gambar 3. Area *tack weld* dan kondisi *holder end mill*

Penempatan *tack weld* diposisikan pada *shank end mill*, berada di bagian atas *holder*, tujuannya agar tidak

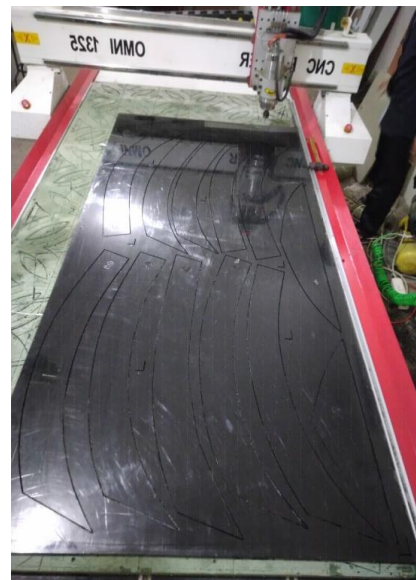
terjadi penurunan atau terlepas (*end mill drop / unposition*) selama proses pemotongan dengan *CNC Router OMNI 1325*, lihat gambar 3. Adapun alur penelitian secara garis besar terdapat pada eksperimen selama proses pemotongan. Dimana perbedaan dilakukan pada *end mill* yang terpasang dengan tanpa *tack weld* dan dengan *tack weld* sebagai penguat *end mill* sehingga tidak terlepas saat proses pemotongannya. Setiap proses pengulangan untuk melakukan *setting end mill* maka juga diperlukan *setting* posisi *HDPE sheet* dan gambar *nesting*, jika terjadi perubahan diameter *end mill* yang digunakan, lihat gambar 4.



Gambar 4. Alur penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

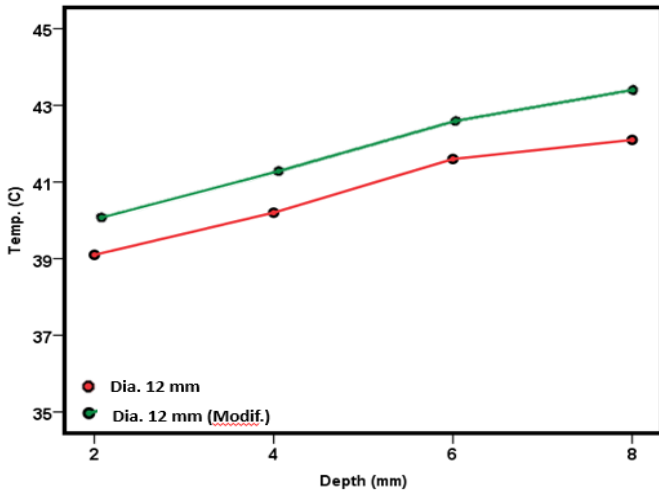
Dari hasil pengamatan maka diperoleh data dan kemudian dilakukan pengelompokan berupa grafik. Diantaranya menunjukkan hubungan antara proses pemotongan dengan temperature yang dapat terpantau, lihat gambar 5.



Gambar 5. Proses pemotongan dengan *CNC Router*

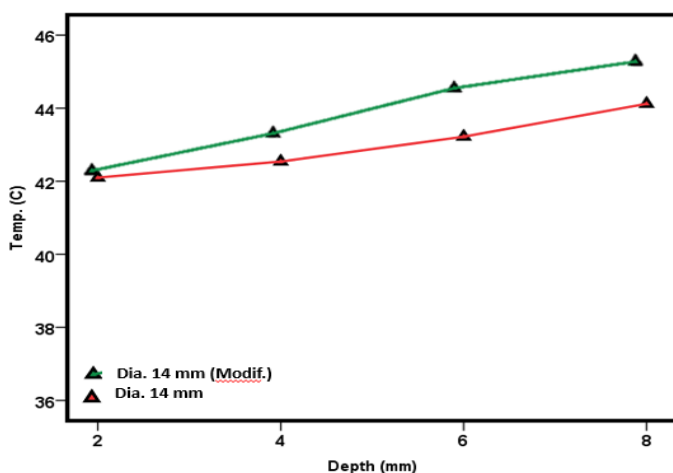
Proses pemotongan *CNC router* tanpa pelumasan, dan pemakanan menggunakan variasi kedalaman sesuai dengan kemampuan mesin, dalam hal ini dibatasi pada tingkat kedalaman 2 s/d 8 mm. RPM putaran juga dibuat konstan sama sehingga variable pembeda hanya terdapat pada *end mill* yang digunakan. Serpihan hasil

pemotongan langsung dihisap oleh *vacuum* sehingga pada meja kerja cukup bersih dan dapat dilakukan pengamatan. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan kinerja ketahanan *end mill* pada kondisi tanpa modifikasi dan dengan modifikasi (*tack weld*)



Gambar 6. Grafik performa *end mill* diameter 12mm dengan temperatur kerja saat proses pemotongan

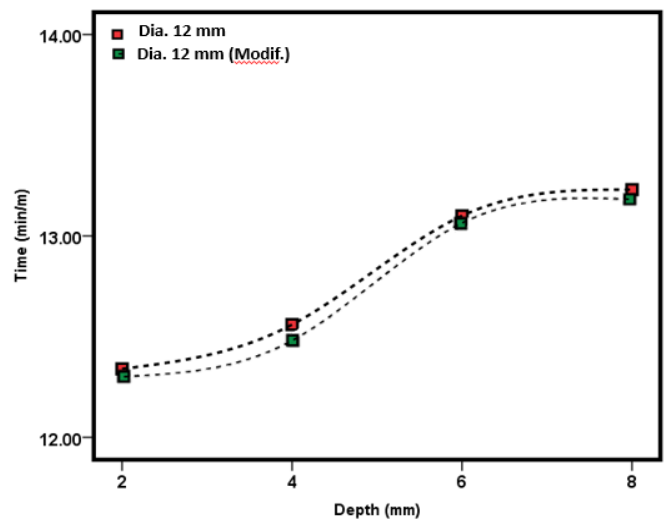
Pada gambar 6, dapat diketahui perbedaan temperatur pada *end mill* pada diameter 12 mm, ketika melakukan proses pemotongan. Hasil analisa menunjukkan semakin dalam tingkat pemakanan pemotongan material maka semakin tinggi pula temperatur yang terjadi, dari tingkat kedalaman 8 mm terjadi max. temperatur kerja 42,10 °C pada *end mill* tanpa modifikasi dan 43,50 °C pada *end mill* dengan modifikasi. Sehingga jika dirata-rata terjadi temperatur kerja 40,75 °C pada *end mill* tanpa modifikasi dan 41,95 °C pada *end mill* dengan modifikasi Terdapat selisih 1,2 °C lebih panas ketika *end mill* diberikan *tack weld* / modifikasi pada bagian *shank*.



Gambar 7. Grafik performa *end mill* diameter 14mm dengan temperatur kerja saat proses pemotongan

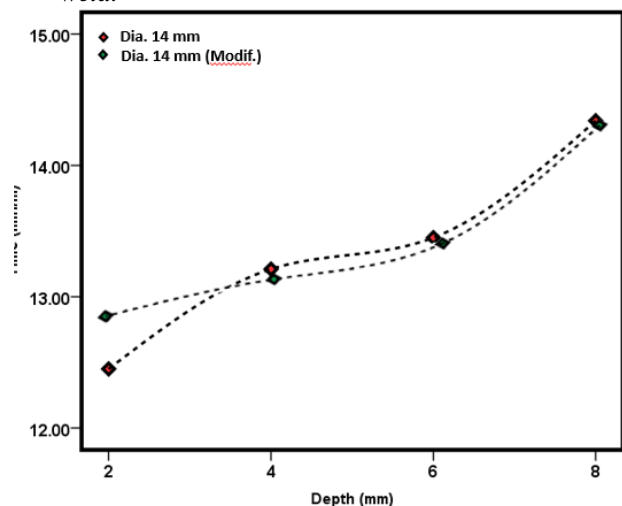
Hal itu juga berlaku pada *end mill* dengan diameter 14 mm, lihat gambar 7. Ketika melakukan proses

pemotongan, hasil temperature yang terjadi, dari tingkat kedalaman 8 mm max. temperatur kerja 44,12 °C pada *end mill* tanpa modifikasi dan 45,15 °C pada *end mill* dengan modifikasi. Sehingga jika dirata-rata terjadi temperatur kerja 43,00 °C pada *end mill* tanpa modifikasi dan 43,70 °C pada *end mill* dengan modifikasi Terdapat selisih 0,75 °C lebih panas ketika *end mill* diberikan *tack weld* / modifikasi pada bagian *shank*. Dengan demikian maka kualitas hasil pemotongan juga dipengaruhi oleh kekasaran atau temperatur kerja dari material pemotongnya (Cui et al., 2022; Davis et al., 2021).



Gambar 8. Grafik performa *end mill* diameter 12mm dengan waktu saat proses pemotongan

Sehingga jika ditinjau dari persamaan 2, maka antara kecepatan pemakanan dan temperatur kerja memiliki peranan yang selaras. Semakin lama proses pemotongan maka semakin tinggi temperatur yang akan terjadi pada *end mill*. Pada gambar 8, dapat diketahui jika max. waktu per 1 meter, yang diperlukan untuk pemakanan HDPE kedalaman 8 mm adalah 13,23 menit pada *end mill* tanpa modifikasi, dan 13,22 menit pada *end mill* dengan modifikasi *tack weld*.



Gambar 9. Grafik performa *end mill* diameter 14mm dengan waktu saat proses pemotongan

Senada dengan hal tersebut, pada gambar 9, dapat diketahui jika max. waktu per 1 meter, yang diperlukan untuk pemakanan material HDPE kedalaman 8 mm adalah 14,34 menit pada *end mill* tanpa modifikasi, dan 14,23 menit pada *end mill* dengan modifikasi *tack weld*. Penelitian sebelumnya juga menyimpulkan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pemotongan oleh *end mill*, arah gaya dan alur pemotongan secara aksial dapat mengurangi gaya potong (Basso et al., 2022; Wang et al., 2022).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan modifikasi pada *end mill* merupakan suatu upaya untuk memperkuat kontak antara *end mill* dengan *housing* (pencekam) pada *CNC Router*. Pada hasil penelitian ini menunjukkan tingkat efektifitas *end mill* yang telah dilakukan *tack weld* pada *shank*, dapat mempercepat waktu pemakanan pemotongan sebesar 0,08 % lebih cepat pada *end mill* modifikasi berdiameter 12 mm. Sedangkan pada diameter 14 mm mempercepat waktu pemakanan pemotongan sebesar 0,17 % lebih cepat pada *end mill* modifikasi. Hal tersebut terjadi karena gesekan dengan *end mill* terhadap *housing* semakin terduksi dan kecil sehingga gesekan antara *end mill* dengan HDPE lebih optimum. Namun demikian juga melihat kedalaman pemakanan material dari proses pemotongan.

Peningkatan suhu terjadi seiring dengan kekuatan pencengkam antara *end mill* dengan HDPE. Semakin kuat pencengkaman *housing* karena adanya modifikasi pada *end mill* memberikan pengaruh terhadap temperatur kerja mesin *CNC router* OMNI 1325 dengan RPM yang sama dan ketebalan material HDPE yang sama.

Setting preparation mempengaruhi proses pemotongan *part HDPE Sheet* dengan *end mill CNC router cutting*. Tingkat kedalaman pemotongan (*depth*) mempengaruhi kinerja *end mill* dan kerapihan part yang digunakan untuk konstruksi kapal ikan ini. Semakin rapi part yang terpotong maka perlu dipersiapkan tipe *end mill* serta gambar *nesting* yang sesuai untuk bagian *inner* atau *outer* rencana bagian yang akan terpotong oleh *end mill*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Sekolah Vokasi Undip dan seluruh pihak yang telah mendukung membantu dan mendanai keberlangsungan jurnal ini.

5. Referensi

Basso, I., Voigt, R., Rodrigues, A. R., Marin, F., de Souza, A. F., & de Lacalle, L. N. L. (2022). Influences of the workpiece material and the tool-surface engagement (TSE) on surface

finishing when ball-end milling. *Journal of Manufacturing Processes*, 75, 219–231. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.12.059>

- Cui, Z. P., Zhang, H. J., Zong, W. J., Li, G., & Du, K. (2022). Origin of the lateral return error in a five-axis ultraprecision machine tool and its influence on ball-end milling surface roughness. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 178, 103907. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2022.103907>
- Davis, R., Singh, A., Sabino, R. M., Pereira, R. B. D., Popat, K., Soares, P., & Jackson, M. J. (2021). Performance Investigation of Cryo-treated End Mill on the Mechanical and in vitro behavior of Hybrid-lubri-coolant-milled Ti-6Al-4V alloy. *Journal of Manufacturing Processes*, 71, 472–488. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.09.052>
- Ghanbari, H. R., Shariati, M., Sanati, E., & Masoudi Nejad, R. (2022). Effects of spot welded parameters on fatigue behavior of ferrite-martensite dual-phase steel and hybrid joints. *Engineering Failure Analysis*, 134, 106079. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106079>
- Khristyson, S. F., Jamari, & Bayuseno, A. P. (2021). Design of Fishing Vessel 5 GT for Traditional Fishing Community Activities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1096(1), 12030. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1096/1/012030>
- Liang, Z., Du, Y., Ma, Y., Su, Z., Chen, R., Yuan, H., Zhou, T., & Wang, X. (2022). Development of polycrystalline diamond micro end mill for milling-grinding combined machining of cemented carbide. *Journal of Manufacturing Processes*, 79, 844–853. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.05.020>
- Lizzul, L., Sorgato, M., Bertolini, R., Ghiotti, A., & Bruschi, S. (2021). Ball end milling machinability of additively and conventionally manufactured Ti6Al4V tilted surfaces. *Journal of Manufacturing Processes*, 72, 350–360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.10.037>
- Sidhom, A. A. E., Naga, S. A. R., & Kamal, A. M. (2022). Friction stir spot welding of similar and dissimilar high density polyethylene and polypropylene sheets. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4, 100076. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100076>
- Sulaiman, S., Said, S. D., Khristyson, S. F., & Cahyo, I. D. (2020). Desain Konstruksi Bar Keel Pada Kapal Kayu Nelayan. *Jurnal Pengabdian Vokasi*, 1(3), 153–158.

- <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jpv/article/view/5382>
- Sulaiman Sulaiman, S. F. K. (2022). Analisa Sambungan Groove pada Pengelasan HDPE Sebagai Material Alternatif Konstruksi Kapal Kayu Nelayan. *Inovtek Polbeng*, 12(1).
- Sun, H., Zou, B., Chen, P., Huang, C., Guo, G., Liu, J., Li, L., & Shi, Z. (2022). Effect of MQL condition on cutting performance of high-speed machining of GH4099 with ceramic end mills. *Tribology International*, 167, 107401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107401>
- Tian, J., Tao, W., & Yang, S. (2022). Investigation on microhardness and fatigue life in spot welding of quenching and partitioning 1180 steel. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 3145–3159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.06.083>
- Wang, F., Li, Y., Zhang, B., Deng, J., Lin, Y., Yang, L., & Fu, R. (2022). Theoretical model of instantaneous milling force for CFRP milling with a ball-end milling cutter: Considering spatial dimension and temporal dimension discontinuity effects. *Journal of Manufacturing Processes*, 75, 346–362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.01.021>
- Zhang, L., Dong, P., Wang, Y., & Mei, J. (2022). A Coarse-Mesh hybrid structural stress method for fatigue evaluation of Spot-Welded structures. *International Journal of Fatigue*, 164, 107109. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2022.107109>
- Zhang, Q., Lan, L., Zheng, Z., Liu, P., Wu, H., Guo, S., Lin, C., & He, G. (2022). Constructing highly oriented and condensed shish-kebab crystalline structure of HDPE/UHMWPE blends via intense stretching process : Achieving high mechanical properties and in-plane thermal conductivity. *Polymer*, 241, 124532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymer.2022.124532>