

OPTIMASI PROSES TURNING PADA AA 6061 DENGAN METODE MINIMUM QUANTITY LUBRICATION

Mohammad Anshori ¹⁾ ✉, Achmad As`ad Sonief ¹⁾, Putu Hadi Setyarini ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin
Universitas Brawijaya
mohammadanshori39@gmail.com
sonief@ub.ac.id
putu_hadi@ub.ac.id

Abstract

The use of vegetable oil-based cutting fluids under minimum quantity lubrication (MQL) lubrication has been suggested as a potential alternative. The cutting fluid is conveyed in the form of fine droplets with compressed air delivered precisely to the cutting zone. This study aims to determine the effect of variations of rubber seed oil and coconut oil as a cutting fluid on the surface roughness of the machining process using the MQL method. Researchers used the parameters of cutting fluid flow rate of 120 ml/hour and 180 ml/hour, cutting speed of 500 rpm, feed rate of 0.011 mm/rev, depth of cut of 0.5 mm with variations of coconut oil 10%, 20%, 30%. The results showed that the lowest surface roughness value was at a flow rate of 180 ml/hour with a 30% variation of 0.886 μm , while the highest surface roughness value was at a flow rate of 120 ml/hour with a 10% variation of 1.164 μm , meaning that the greater the flow rate and variation cutting fluid results in a decrease in surface roughness, this is due to the influence of the addition of coconut oil, the more coconut oil is added, the surface roughness value decreases. The surface roughness value decreases as the viscosity decreases, because the viscosity of coconut oil is lower than that of rubber seed oil, so that the flow rate of the cutting fluid is able to work optimally to lubricate the contact area.

Keywords: Surface Roughness, Turning, Minimum Quantity Lubrication, Aluminium 6061, Cutting Fluid.

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini proses manufaktur sangat banyak digunakan di sektor dunia industri untuk menghasilkan suatu produk yang berkualitas tinggi dengan menggunakan proses pemesinan. Proses pemesinan yang optimal mempunyai peran penting dalam industri manufaktur kedepan ^[1], salah satunya adalah proses *turning*. Proses *turning* adalah interaksi antara pahat dengan benda kerja yang menghasilkan suhu tinggi sehingga akan mempengaruhi hasil kekasaran permukaan material ^[2]. Hasil proses turning menyebabkan kekasaran permukaan menjadi tinggi dan pahat menjadi cepat aus serta mengurangi *lifetime* pahat. Karena proses tersebut dianggap merugikan, maka diperlukan langkah-langkah untuk menurunkan suhu pemotongan guna mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang lebih baik ^[3-4], yaitu dibutuhkan cairan pelumas yang bekerja sebagai media pendingin untuk mengurangi suhu panas dari proses tersebut. Cairan pelumas memiliki peran penting dalam proses pemotongan logam yaitu sebagai pendingin dan pelumas. Penggunaan *cutting fluid* meningkatkan kinerja keseluruhan proses pemesinan dengan menghilangkan suhu panas berlebih yang dihasilkan selama proses pemotongan dengan cara mengurangi gesekan antara benda kerja dan pahat.

Corresponding Author:
✉ **Mohammad Anshori**
Received on: 2022-12-01
Revised on: 2023-07-04
Accepted on: 2024-01-03

Dalam hal ini digunakanlah minyak sebagai *cutting fluid* dalam proses *turning* [5]. Tetapi disisi lain *cutting fluid* mempunyai efek bahaya yang merugikan bagi operator, material benda kerja dan lingkungan. Dalam proses *turning*, penting sekali menentukan parameter pemotongan yang sesuai dengan kecepatan potong, laju pemakanan dan kedalaman pemotongan untuk mencapai kualitas permukaan yang baik. Sampai saat ini, proses *turning* sangat banyak digunakan untuk membuat suatu komponen industri transportasi yang berbentuk silinder dengan ketelitian cukup tinggi salah satu contohnya menggunakan material aluminium. Dari sisi bahan material aluminium 6061 banyak digunakan dalam industri, otomotif dan kelautan karena ketahanan korosi yang tinggi, kekuatan tinggi dan kemampuan kerja dan machinability yang baik.

Minyak nabati sebagai cairan pemotongan berbasis minyak sintesis yang ramah lingkungan memiliki kemampuan pelumasan yang lebih baik [6-7]. Pada waktu yang bersamaan, peneliti juga mencari teknik dalam meminimalkan penggunaannya agar mendapatkan hasil yang efektif dan efisien. Penggunaan cairan pemotongan berbasis minyak nabati di kenal dengan minimum *quantity lubrication* (MQL) telah disarankan sebagai alternatif potensial [8-9]. Dalam pelumasan konvensional, *cutting fluid* disuplai dalam aliran kontinu pada tekanan rendah, sedangkan pada proses MQL, pasokan *cutting fluid* antara (50-500 ml/jam) ke zona pemotongan dalam bentuk tetesan yang sangat halus yang terbentuk dengan atomisasi *cutting fluid* dengan udara bertekanan. Penggunaan MQL sangat penting karena menggunakan jumlah *cutting fluid* yang sangat kecil yang dikirimkan secara tepat ke permukaan pemotongan [10-11], metode MQL memiliki efisien yang baik untuk mengurangi gesekan antara pahat dengan benda kerja [12].

Pengaruh dari proses *turning* antara kering dengan MQL pada material aluminium 6061 memiliki hasil kualitas yang berbeda, bahwa metode MQL memberikan kualitas permukaan dan keausan pahat yang lebih unggul dibandingkan dengan metode kering [13-14]. Minyak nabati sebagai pelumas memiliki kandungan zat kimia rendah, sehingga mudah terurai dalam lingkungan [15]. Karet (*hevea brasiliensis muell*) merupakan salah satu hasil pertanian yang banyak menunjang perekonomian negara. Selain menghasilkan lateks, perkebunan karet juga menghasilkan biji karet yang belum termanfaatkan secara optimum. Dengan melihat tingginya kandungan minyak di dalam daging biji karet yakni sebesar 45.63% [16], maka minyak tersebut sangat potensial untuk dimanfaatkan. Berdasarkan data kementerian pertanian, luas lahan perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,67 juta ha [17]. Minyak biji karet merupakan jenis minyak nabati yang tidak dapat dikonsumsi, dikarenakan terdapat kandungan senyawa sianida. Oleh karena itu belum bisa diproduksi dan dimanfaatkan secara maksimal. Biji karet mengandung sekitar 40-50% minyak nabati yang berpotensi sebagai *cutting fluid* [18]. Minyak kelapa adalah minyak nabati yang diekstrak dari daging buah kelapa. Minyak kelapa memiliki viskositas yang relatif rendah dibandingkan minyak nabati lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju aliran *cutting fluid* minyak biji karet dan minyak kelapa terhadap bentuk *chip*, bentuk pahat dan kekasaran permukaan pada proses *turning* dengan menggunakan metode *minimum quantity lubrication*.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa tujuan penggunaan *cutting fluid* yang ramah lingkungan dan tidak hanya memenuhi karakteristik cairan pemotongan, tetapi juga memiliki kinerja serta efektivitas biaya produksi yang lebih baik daripada cairan pemotongan mineral. Berdasarkan literatur, penggunaan cairan pemotongan minyak biji karet telah terbukti menjadi salah satu alternatif potensial yang layak digunakan. Adapun kelebihan minyak biji karet adalah mudah didapat, *biodegradable*, toksisitas rendah, ramah lingkungan dan menjadi sumber terbarukan. Selain itu, minyak biji karet memiliki sifat potensial seperti indeks viskositas, pelumasan, daya dukung beban dan stabilitas geser yang lebih tinggi serta volatilitas yang lebih rendah. Untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang optimal menggunakan *cutting fluid* dari minyak biji karet maka

dibutuhkan metode *minimum quantity lubrication* pada proses turning dengan material aluminium 6061.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Material yang Dipergunakan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 6061 dengan diameter 9,53 mm dan panjang 100 mm serta memiliki komposisi sebagaimana pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Komposisi Aluminium 6061

ELEMEN	PRESENTASE (% WT)
Al	96,72
Mg	0,95
Si	0,5
Fe	0,63
Cu	0,25
Cr	0,30
Zn	0,25
Ti	0,20
Mn	0,10
Unsur lainnya	0,10

2.2. Proses Turning dengan MQL

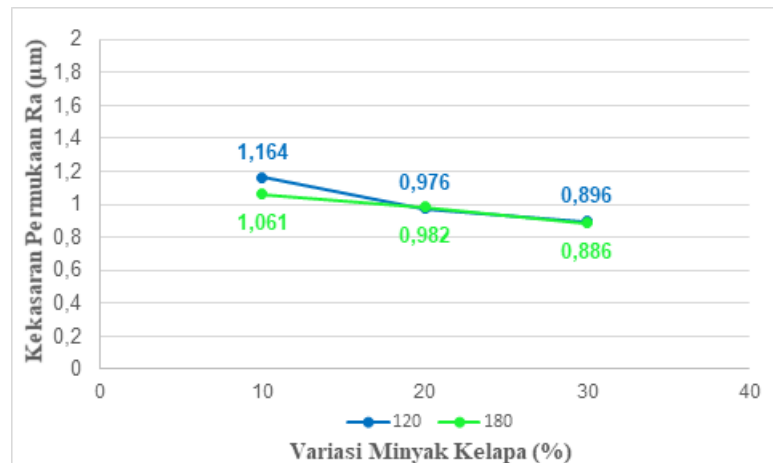
Material aluminium 6061 dan pahat *insert* karbida dipasang pada *chuck* mesin bubut KW 15-486 dan mengatur letak ujung *nozzle* diantara mata pahat dan benda kerja. Kemudian melakukan proses *turning* dengan metode MQL memakai *cutting fluid* dari minyak biji karet dan minyak kelapa, pencampuran untuk *cutting fluid* menggunakan *magnetic stirrer*. Proses turning dilakukan dengan parameter *depth of cut* sebesar 0,5 mm, *spindel speed* 500 rpm, *feed rate* 0,011 mm/rev, sudut pahat 90o dan panjang pemakanan sebesar 70 mm, variabel laju aliran 120 ml/jam dan 180 ml/jam, untuk variasi *cutting fluid* minyak biji karet 90% dengan minyak kelapa 10%, minyak biji karet 80% dengan minyak kelapa 20%, minyak biji karet 70% dengan minyak kelapa 30%.

2.3. Pengujian Kekasaran Permukaan, Bentuk *Chip* dan Mikrostruktur

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan *Mitutoyo Surftest 301* pada permukaan aluminium 6061 setelah selesai dilakukannya proses *turning*. Pengukuran dilaksanakan pada 3 titik yaitu bagian bawah, bagian tengah, dan bagian atas material yang kemudian diambil nilai rata-rata dari data yang didapat. Sementara untuk pengukuran chip dilakukan secara manual dengan menggunakan penggaris. Kemudian untuk pengujian mikrostruktur dari pahat karbida dilaksanakan setelah proses *turning* dengan metode MQL.

3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan gambar 1 bisa diuraikan perbandingan antara penggunaan laju aliran dan variasi *cutting fluid* terhadap nilai kekasaran permukaan aluminium 6061 setelah proses *turning* dengan metode MQL.

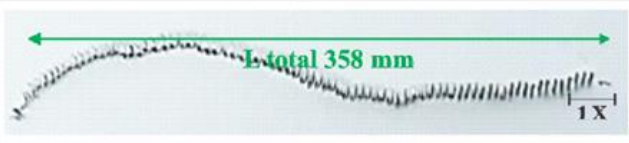
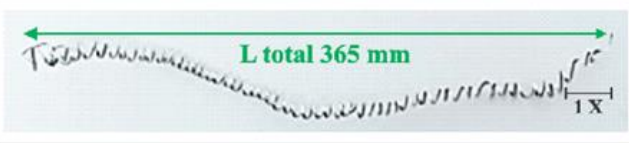
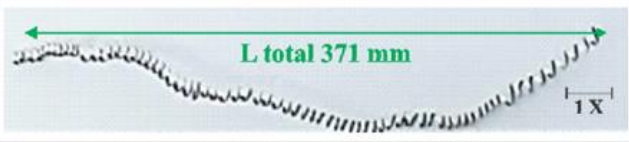

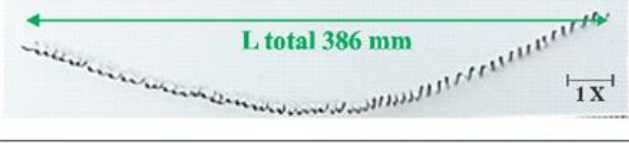



Gambar 1. Perbandingan nilai kekasaran permukaan

Berdasarkan Gambar 1 bahwa kekasaran permukaan menurun seiring bertambahnya laju aliran dikarenakan semakin besar laju aliran maka proses pendinginan lebih cepat. Nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada laju aliran 120 ml/jam dengan variasi minyak kelapa 10% yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 1,164 μm . Sedangkan nilai kekasaran permukaan terendah sebesar 0,886 μm diperoleh pada laju aliran 180 ml/jam dengan variasi minyak kelapa 30%. Semakin menurunnya nilai kekasaran permukaan menunjukkan bahwa semakin kecil viskositas dari *cutting fluid*, hal ini terjadi dikarenakan laju aliran mampu bekerja secara optimal untuk melumasi area bidang kontak antara pahat karbida dengan material aluminium 6061.

Sementara untuk ukuran *chip* dengan laju aliran antara 120 ml/jam dan 180 ml/jam menunjukkan lebih kontinu yang laju alirannya lebih banyak. Ukuran *chip* terendah dengan panjang 358 mm dihasilkan dari proses turning dengan laju aliran *cutting fluid* 120 ml/jam untuk variasi minyak kelapa 10%. Kemudian ukuran *chip* yang tertinggi didapatkan pada laju aliran *cutting fluid* 180 ml/jam untuk variasi minyak kelapa 30% dengan total panjang 390 mm. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari laju aliran yang besar dengan nilai viskositas yang lebih kecil, sehingga *cutting fluid* bisa bekerja secara sempurna.

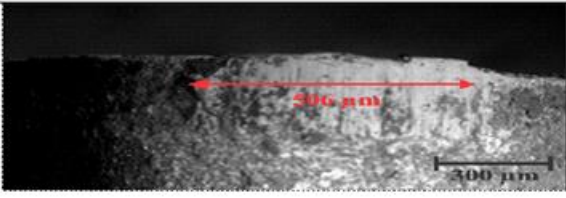
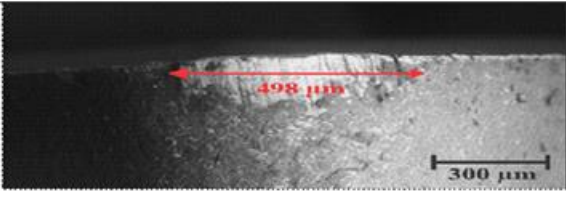
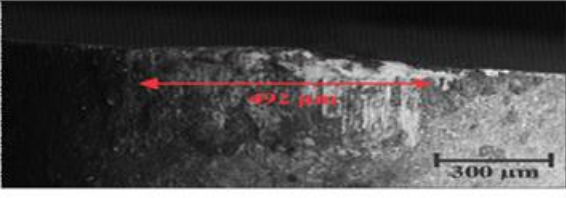
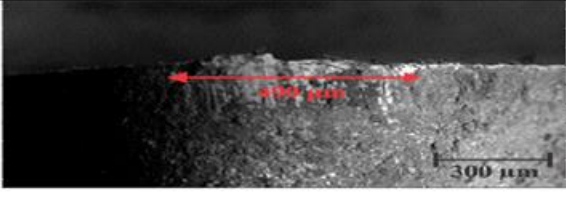
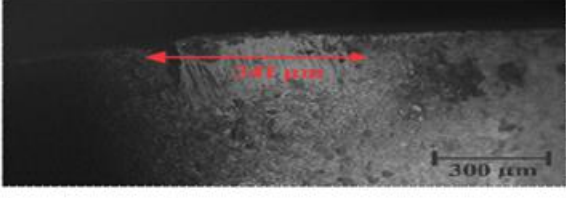
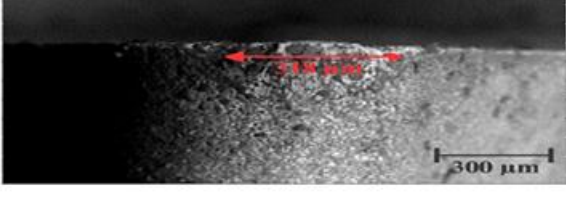
Berdasarkan hasil data pada Gambar 2, bentuk *chip* dengan laju aliran 120 ml/jam dengan kondisi pemotongan laju aliran *cutting fluid* 180 ml/jam memiliki geometri kontinu. Hasil analisis bentuk *chip* pada material aluminium 6061 merupakan salah satu material yang terbilang ulet, seiring dengan bertambahnya laju aliran *cutting fluid* maka bentuk *chip* menjadi lebih rata, hal tersebut dikarenakan penggunaan *cutting fluid* dapat mengurangi deformasi dan menurunkan gesekan disekitar bidang kontak, maka suhu pemotongan akan menurun serta kinerja pahat menjadi optimal yang menyebabkan permukaan material menjadi lebih halus serta menurunkan nilai kekasaran permukaan.

Laju Aliran (ml/jam)	Minyak Kelapa (%)	Foto
120	10	
	20	
	30	
180	10	
	20	
	30	

Gambar 2. Ukuran chip setelah proses turning

Penggunaan *cutting fluid* dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat gaya gesek antara *chip* dan pahat yang diakibatkan dari tekanan, terjadinya tegangan didaerah bidang kontak kearah kiri secara kontinu akan menyebabkan tegangan geser. Apabila tegangan geser, kekuatan material tersebut akan menjadi deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen yang menggeser dan memutus material *chip* diujung pahat.

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan bahwa laju aliran *cutting fluid* pada proses turning akan mempengaruhi bentuk keausan pahat, keausan pahat tersebut timbul akibat proses gesekan antara pahat dan benda kerja dengan terjadinya pelumasan pada area bidang kontak sehingga dapat meminimalkan panas berlebih selama proses *turning* berlangsung yang berdampak pada nilai kekasaran permukaan menjadi lebih rendah.

Laju Aliran (ml/jam)	Minyak Kelapa (%)	Foto
120	10	
	20	
	30	
180	10	
	20	
	30	

Gambar 3. Penampang pahat insert karbida setelah proses *turning*

Pada proses *turning* dengan laju aliran 120 ml/jam dengan variasi *cutting fluid* dari minyak kelapa 10% memiliki keausan sepanjang 506 μm , keausan tersebut timbul karena gesekan antara pahat dan material. Gesekan yang terjadi mengakibatkan timbulnya panas dan memicu terjadinya keausan, sehingga dapat menyebabkan aus pada mata pahat yang berpengaruh terhadap tingginya nilai kekasaran permukaan

Pada metode MQL mendapatkan hasil keausan yang berbeda-beda, keausan dominan terjadi pada sisi ujung mata pahat. Sedangkan yang paling sedikit terjadi keausan pada laju aliran 180 ml/jam dengan variasi 30% minyak kelapa memiliki panjang keausan sebesar 318

μm , hal tersebut dikarenakan viskositas *cutting fluid* lebih kecil sehingga mampu bekerja secara maksimal melumasi area bidang kontak dan menyebabkan nilai kekasaran permukaan juga lebih kecil dibandingkan dengan variasi lainnya.

Teknik *minimum quantity lubrication* dengan laju aliran yang besar dapat memperpanjang umur pahat dikarenakan semakin besar laju aliran *cutting fluid* terdapat proses pendinginan yang menyebabkan berkurangnya temperatur gesekan pada bidang kontak antara pahat *insert* karbida dengan material aluminium 6061. Semakin kecil suhu gesekan yang terjadi maka semakin kecil laju pemanasan terhadap pahat, sehingga hal ini yang membantu berkurangnya keausan pada mata pahat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perbandingan hasil proses turning dengan metode MQL dengan variasi laju aliran dan variasi *cutting fluid* sebagai berikut:

1. Nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada laju aliran 120 ml/jam dengan variasi minyak kelapa 10% yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 1,164 μm . Sedangkan nilai kekasaran permukaan terendah sebesar 0,886 μm diperoleh pada laju aliran 180 ml/jam dengan variasi minyak kelapa 30%.
2. Ukuran chip terendah memiliki panjang 358 mm pada laju aliran *cutting fluid* 120 ml/jam untuk variasi minyak kelapa 10%. Kemudian ukuran *chip* yang tertinggi didapatkan pada laju aliran *cutting fluid* 180 ml/jam untuk variasi minyak kelapa 30% dengan total panjang 390 mm.
3. Pada laju aliran 120 ml/jam dengan variasi *cutting fluid* dari minyak kelapa 10% memiliki keausan pahat sepanjang 506 μm , Sedangkan yang paling sedikit terjadi keausan pahat pada laju aliran 180 ml/jam variasi 30% minyak kelapa dengan panjang aus sebesar 318 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sonief, Achmad As'ad, Arda Nur Fauzan, Fikrul Akbar Alamsyah. 2019. *Evaluation of Aluminum Surface Roughness in the Slot EndMill Process with Variable Helix Angle*. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 494 (2019) 012045. doi:10.1088/1757-899X/494/1/012045
- [2] Sharma, A., Joshi, S.S., Datta, D., Balasubramaniam R., "Investigation of Tool and Workpiece Interaction on Surface Quality while Diamond Turning of Copper Beryllium Alloy," *Journal of Manufacturing Science Engineering*, N. 142, N. 2, 021011, Feb. 2020.
- [3] Gajrani, K.K., Reddy, R.P.K., Sankar, M.R., 2016. *Experimental comparative study of conventional, micro-textured and coated micro-textured tools during machining of hardened AISI 1040 alloy steel*. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 18(5/6), 522–539. 6.
- [4] Gajrani, K.K., Sankar, M.R., 2018. *Sustainable machining with self-lubricating coated mechanical micro-textured cutting tools*. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Elsevier. (DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.11325-6).
- [5] Dhar, N.R., Ahmed, M.T., Islam, S., 2007. *An experimental investigation on effect of minimum quantity lubrication in machining AISI 1040 steel*. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5), 748–753.

- [6] Debnath, S., Reddy, M.M., Yi, Q.S., 2014. *Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: a review*. *Journal of Cleaner Production*, 8333–47
- [7] Gajrani, K.K., Ravi Sankar, M., 2017. *Past and current status of eco-friendly vegetable oil based metal cutting fluids*. *Materials Today: Proceedings*, 4(2A) 3786–3795.
- [8] Sarikaya, M., Gullu, A., 2015. *Multi-response optimization of minimum quantity lubrication parameters using Taguchi-based grey relational analysis in turning of difficult-to-cut alloy Haynes 25*. *Journal of Cleaner Production*, 91, 347–357.
- [9] Goindi, G.S., Sarkar, P., 2017. *Dry machining: A step towards sustainable machining challenges and future directions*. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1557–1571.
- [10] Sen, B., Mia, M., Krolczyk, G. M., Mandal, K. U., Mondal, P. S., “Eco-Friendly Cutting Fluids In Minimum Quantity Lubrication Assisted Machining: A Review On The Perception Of Sustainable Manufacturing”, *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing-Green Technology*, v 8, pp 249–280, 2021.
- [11] Arul, K., Kumar, V.S., “Magnetorheological Based Minimum Quantity Lubrication (Mr-MQL) With Additive N-Cuo”, *Materials And Manufacturing Processes*, v. 35, Issue 4, pp 405–414, 2020
- [12] Saberi, A., Rahimi, A.R., Parsa, H., Ashrafiyou, M., Rabiei, F., 2016. *Improvement of surface grinding process performance of CK45 soft steel by minimum quantity lubrication (MQL) technique using compressed cold air jet from vortex tube*. *Journal of Cleaner Production*, 131, 728–738.
- [13] Sreejith PS. *Machining of 6061 aluminium alloy with MQL, dry and flooded lubricant conditions*. *Mater Lett* 62 (2008) 276–278.
- [14] Dhar, N.R., Ahmed, M.T., Islam, S., 2007. *An experimental investigation on effect of minimum quantity lubrication in machining AISI 1040 steel*. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5), 748–753.
- [15] Setyarini, Putu Hadi. Khairul Anam, Muhammad Wahyudi. 2021. Penggunaan Minyak Alami dengan *Minimum Quantity Lubrication* Terhadap Hasil Proses Bubut AA 6061. *Jurnal Rekayasa Mesin*. V12 N1, pp. 235–242. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.25>
- [16] Yuliani, F., Primasari, M., Rachmaniah, O., dan Rachimoallah, M. 2013. Pengaruh Katalis Asam (H₂SO₄) dan Suhu Reaksi pada Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet (Hevea brasiliensis) menjadi *Biodiesel*, *Jurnal Teknik Kimia*. 3(1):171–177.
- [17] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018. Kementrian Pertanian, Jakarta: Statistik Perkebunan Indonesia 2017–2019.
- [18] Setyawardhani, D. A., Distantina, S., Henfiana, H. & Dewi, A.S., 2010, Pembuatan *Biodiesel* Dari Asam Lemak Jenuh Minyak Biji Karet. Prosiding Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010, Teknik Kimia UNDIP, Semarang.