

Pengaruh Variasi Pendinginan Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses *Milling* Pada Material *Stainless Steel AISI 304*

Unggul Satria Jati^{1*}, Dian Prabowo², Hety Dwi Hastuti³

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Akuntansi Lembaga Keuangan Syariah, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: unggulsatriajati@pnc.ac.id¹, diansheva@yahoo.co.id², hetydwi.hastuti@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 27 Juni 2024

Direvisi: 10 Juli 2024

Diterima: 25 Juli 2024

Abstrak

Proses pemesinan pada perkembangan saat ini dituntut untuk lebih ramah, penggunaan cairan pendingin sangat berbahaya pada lingkungan. Maka media pendinginan udara dianggap salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses pemesinan yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan pada *Stainless Steel AISI 304* pada kedalaman pemakanan dan media pendinginan, terdapat dua variabel bebas dan variabel terikat variabel terikatnya yaitu kecepatan potong 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min, sedangkan pada variabel bebas yaitu variasi media pendinginan (udara ruang, dromus, dan udara-dingin) dan variasi kedalaman pemakanan (0.5, 0.75 dan 1 mm). Hasil yang didapat dari pengujian tersebut ada pengaruh variasi media pendingin dan kedalaman pemakanan pada kekasaran permukaan *Stainless Steel AISI 304*. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah *Stainless Steel AISI 304*, mesin *miling*, dromus, pendingin udara dingin, termometer, *pressure gauge*, dan alat pengukur kekasaran *surface tester*. Pengujian didapatkan hasil kekasaran paling besar pada media pendinginan menggunakan udara ruang dimana menunjukkan tingkat kekasaran 0,974 μm dengan kecepatan potong 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min. Kemudian tingkat kekasaran yang paling kecil yaitu pada media pendinginan menggunakan udara dingin yaitu 0,296 μm dengan kecepatan potong 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min.

Abstract

Machining processes in current developments are required to be more environmentally friendly, the use of coolant has a big impact on the environment. So air cooling media is an alternative that can be used to reduce production costs and implement environmentally friendly machining processes. This research aims to determine the level of surface roughness on *AISI 304 Stainless Steel* at depth of feed and cooling medium. There are two independent variables and a dependent variable. The dependent variable is cutting speed 63 mm/min and feed speed 950 mm/min, while the independent variable is variation. cooling media (room air, dromus, and cooled air) and variations in feeding depth (0.5, 0.75 and 1 mm). The results obtained from this test show the influence of variations in cooling media and depth of feed on the surface roughness of *Stainless Steel AISI 304*. The tools and materials used are *Stainless Steel AISI 304*, milling machine, dromus, cold air cooler, thermometer, pressure gauge, and tools. surface roughness tester. Tests obtained the greatest roughness results in the cooling medium using room air which showed a roughness level of 0.974 μm with a cutting speed of 63 mm per min and a feed speed of 950 mm per min. Then the smallest level of roughness is in the cooling media using cold air, namely 0.296 μm with a cutting speed of 63 mm per min and a feed speed of 950 mm per min.

Keywords:

cooling medium;

depth of cut;

surfaces roughness;

milling.

*Penulis korespondensi:

Unggul Satria Jati

E-mail: unggulsatriajati@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Proses pemesinan dengan menggunakan pendinginan udara merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses pemesinan yang ramah lingkungan. Proses pemesinan juga banyak digunakan di industri otomotif. Hal yang harus diperhatikan dalam proses pengerjaan tersebut adalah pada cairan pendinginan (*coolant*), dimana *coolant* tersebut berfungsi sebagai mendinginkan mata pahat, pengikisan material dan mencegah terjadinya korosi [1][2]. Maka dari itu kajian mengenai media pendinginan harus melihat aspek kerjanya seperti mampu melumasi dengan baik, konduktifitas panas tinggi, stabilitas cairan dan memiliki pencemaran lingkungan yang rendah, sehingga produk yang dihasilkan menjadi baik [3].

Proses pemesinan khususnya pada mesin milling dibagi menjadi beberapa jenis yaitu konvensional, NC dan CNC pada mesin-mesin tersebut penggunaan *coolant* atau media pendingin sangat dibutuhkan. Namun penggunaan tersebut tidak diimbangi dengan penanganan limbah yang mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan yang berdampak pada kesehatan masyarakat [4][5]

Proses pembentukan benda kerja dalam proses pemesinan dilakukan dengan cara membuang bagian dengan berbentuk *chip* (geram). Dari semua pekerjaan 60-80% pembuatan benda kerja bersal dari proses pemesinan [6]. Kualitas suatu produk dikatakan baik maka sejalan dengan kualitas permukaan yang baik juga. Untuk mendapatkan hasil yang baik maka diperlukan proses yang baik dimana proses berbagai parameter yang harus diperhatikan seperti kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, penggunaan media pendinginan.

Nalendo melakukan penelitian mengenai optimasi parameter proses milling dengan media pendinginan alami, metode yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu eksperimen dan taguchi dengan hasil pendinginan paling baik yaitu pada *cutting condition* dimana *cutting condition* mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan pada material yaitu dengan nilai kekasaran 0.9568 Ra.

Menurut Chang [7] dengan penelitiannya mengenai kekasaran permukaan pada proses pemesinan bahwa pada proses pengerjaan tanpa cairan pendinginan, pengaruh yang paling besar dipengaruhi oleh kecepatan makan, kecepatan potong dan geometri pahat sedangkan proses pengerjaan menggunakan cairan pendinginan dipengaruhi oleh kecepatan makan dan geometri pahat.

Arya dalam penelitiannya tentang pengaruh cairan pendingin dan parameter pengerjaan terhadap kekasaran permukaan material dengan tujuan untuk mengetahui efek cairan pendinginan minyak kelapa terhadap kekasaran permukaan, didapat hasil bahwa penggunaan cairan pendinginan berpengaruh terhadap kekasaran dan

parameter pengerjaan paling baik pada putaran spindle 490 rpm dan gerak makan 70mm/min dengan nilai kekasaran sebesar $0,54\mu\text{m}$ [8].

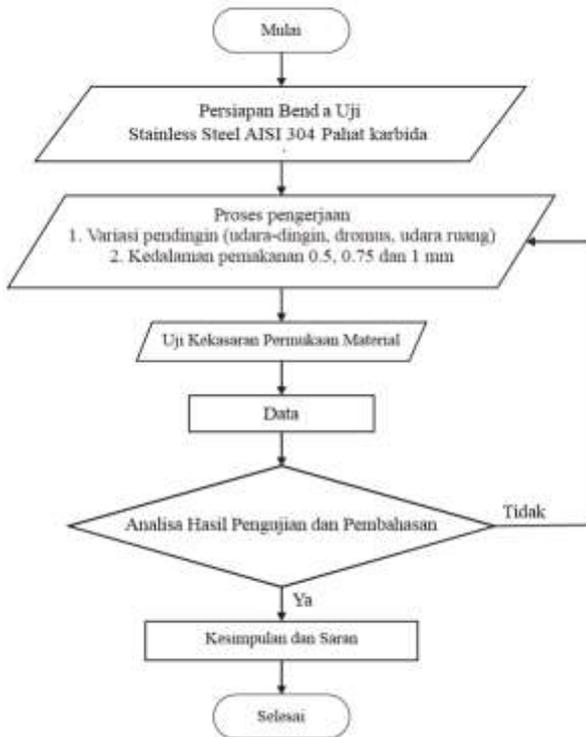
Penelitian serupa dilakukan oleh Amir mengenai pengaruh media pendinginan dan kecepatan spindle terhadap nilai kekasaran permukaan material baja S45C pada proses *turning*. Penelitian tersebut mendapat hasil terdapat pengaruh yang signifikan terhadap permukaan material terutama pada variasi media pendinginan dan putaran spindle dan hasil yang paling baik yaitu pada pending *coolant*, kecepatan spindle 1950 rpm dengan nilai kekasaran sebesar $2,771\mu\text{m}$ [9].

Hasil penelitian oleh Paryanto [10] mengenai penggunaan media pendinginan udara-dingin bertekanan terhadap suhu mata pahat, penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa penggunaan media pendinginan udara dingin mendapatkan hasil baik yaitu suhu mata pahat mencapai -20°C dan media tersebut ramah lingkungan sehingga tidak merusak daerah sekitar. Dhar [11] meneliti mengenai pengaruh cairan pendingin bertekanan terhadap keausan, umur pahat dan kekasaran permukaan material penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa cairan pendingin bertekanan mendapatkan hasil yang signifikan terhadap suhu dan kekasaran permukaan. Menurut Arsana dalam penelitiannya mengenai pengaruh cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan material baja ST.37 mendapatkan hasil bahwa penggunaan cairan pendingin *dromus oil* mendapatkan nilai kekasaran yang paling bagus disbanding menggunakan air dan air radiator dengan nilai kekasaran sebesar $2,031\mu\text{m}$.

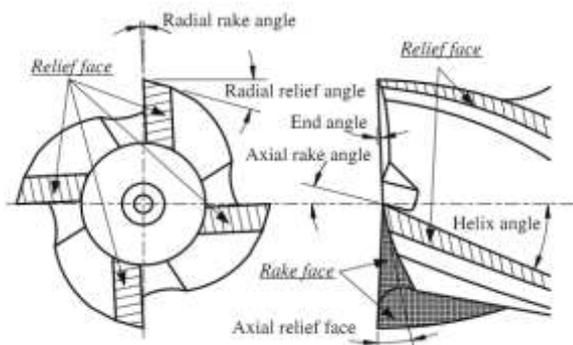
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan material dengan variasi media pendingin yaitu udara-dingin, oli (*dromus*) dan udara ruang.

2. Metode

stainless steel AISI 304 dan variasi pemakanan yaitu 0.5, 0.75 dan 1 mm. Pada gambar 1 adalah diagram alir untuk tahapan penelitian. Pada proses pengerjaan mesin milling dibagi menjadi dua macam yaitu *center cutting* dan *shoulder cutting* [12]. Pada penelitian ini menggunakan *center cutting*.



Gambar 1. Tahapan penelitian



Gambar 2. Center cutting

2.1 Cairan Pendingin

Proses pengerjaan di pemesinan dituntut untuk diarahkan mempunyai efisiensi terhadap penggunaan cairan pendingin dan diharapkan mempunyai nilai yang ramah terhadap lingkungan dan juga tidak membahayakan terhadap operator [13].

2.1.1 Maximum Coolant Flow Rate

Flood lubrication atau *maximum coolant flow rate*, yaitu suatu pelumasan dengan cara menyemburkan cairan ke daerah antar pahat. Cairan ini memberikan biaya produksi sampai 17%, maka penanganan cairan tersebut harus benar-benar diperhatikan karena dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia

2.1.2 Minimum Quantity Lubrication (MQL)

Penggunaan media pendingin MQL sudah lama digunakan, pendinginan ini juga nilai kekasaran permukaan dan keausan pahat lebih baik dibandingkan dengan *dry machining* atau udara ruang [14], namun MQL memiliki beberapa kekurangan yaitu adanya *aerosol coolant* pada daerah pemotongan yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan [15].

2.1.3 Udara Dingin

Penggunaan media pendingin udara dingin sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia. hal tersebut merupakan solusi bagi para operator dalam mengerjakan benda kerja [10]. Pendinginan udara dingin hanya membutuhkan kompresor dan *freezer* untuk memproduksi udara dingin yang nantinya di semburkan ke mata pahat dan benda kerja. Sehingga jika mengacu *green machining* dan efisiensi proses pemsinan maka ini sebagai solusi.

2.2 Proses Milling

Proses pengerjaan *milling* dilakukan dengan beberapa parameter yang dapat dirubah, seperti putaran spindel, gerak pemakanan dan kedalaman pemakanan [16]. Pada mesin yang masih menggunakan konvensional parameter tersebut bisa dirubah dengan merubah putaran pada handel. Namun berbeda pada mesin menggunakan NC maupun CNC pengerjaannya menggunakan otomatis dan semi otomatis [17].

Cutting Speed (Vc) merupakan kecepatan pemotongan pada pahat ke benda kerja terdapat hubungannya dengan diameter pahat dan putaran spindel seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Kecepatan pemakanan yaitu pergeseran pahat terhadap benda agar proses pengerjaan bisa stabil dan hasil yang baik, maka perlu perhitungan yang tepat.

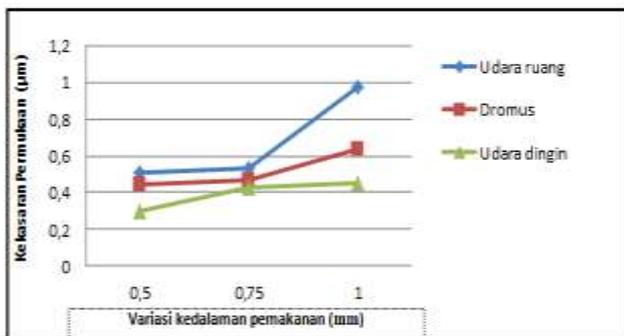
$$v_f = f \cdot n \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

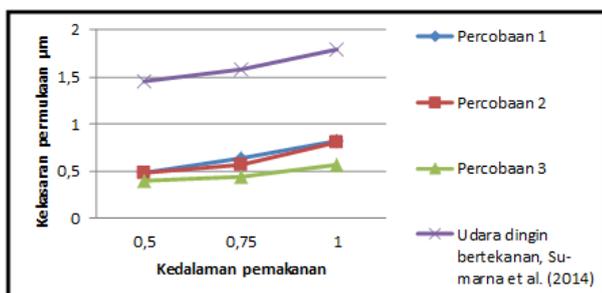
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian bahwa faktor media pendingin dan kedalaman pemakanan ikut menentukan tingkat kekasaran permukaan hasil proses milling disamping faktor-faktor lainnya. Data hasil penelitian yang telah didiskripsikan dalam bentuk tabel 4.5, dan gambar 4.21 tersebut untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan dari spesimen hasil proses milling dengan menggunakan udara ruang, dromus, dan udara dingin dengan variasi kedalaman pemakanan yaitu 0,5, 0,75, dan 1 mm.

Tabel 1. Hasil Kekasaran Permukaan dengan Variasi media pendingin dan kedalaman pemakanan

No	Media Pendinginan	Parameter Pemesinan			Tingkat Kekasaran Ra (μm)
		Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Pemotongan (mm)	Kecepatan Pemakanan (mm/min)	
1	Udara Ruang	0,5	63	950	0,510
		0,75	63	950	0,533
		1	63	950	0,974
2	Dromus	0,5	63	950	0,448
		0,75	63	950	0,467
		1	63	950	0,633
3	Udara Dingin	0,5	63	950	0,296
		0,75	63	950	0,426
		1	63	950	0,449



Gambar 3. Kekasaran permukaan dengan media pendingin udara ruang, dromus dan udara dingin



Gambar 4. Tingkat kekasaran udara ruang

3.1 Media Pendinginan udara ruang

Kekasaran permukaan menggunakan udara ruang dengan kecepatan pemotongan 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min menghasilkan kekasaran 0,510 μm dengan kedalaman pemakanan adalah 0,5 mm. Sedangkan pada kedalaman pemakanan 0,75 mm, dengan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,533 μm , kemudian pada kedalaman pemakanan yaitu 1 mm dan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,974 μm . Hasil tersebut tertera pada gambar 4.22 dibawah ini dan pada gambar 4 yaitu

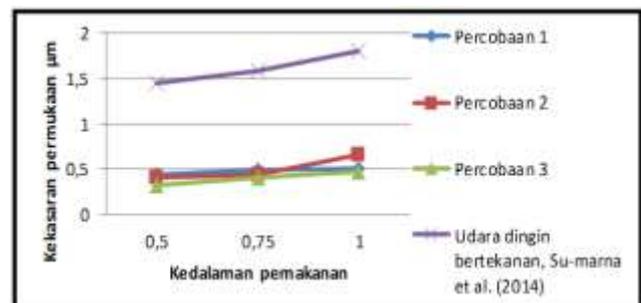
proses pengerjaan dengan menggunakan media pendingin udara ruang.



Gambar 5. Proses pengerjaan dengan menggunakan udara ruang

3.2 Media Pendinginan dromus

Kekasaran permukaan menggunakan dromus dengan kecepatan pemotongan 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min menghasilkan kekasaran 0,448 μm dengan kedalaman pemakanan adalah 0,5 mm. Sedangkan pada kedalaman pemakanan 0,75 mm, dengan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,467 μm , kemudian pada kedalaman pemakanan yaitu 1 mm dan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,633 μm . Pada media pendinginan menggunakan dromus ada perbedaan tingkat kekasaran lebih baik dibandingkan dengan menggunakan udara ruang [18]. Grafik tingkat kekasaran tersebut akan ditampilkan pada gambar 6 dan proses pengerjaan menggunakan media pendinginan dromus pada gambar 7.



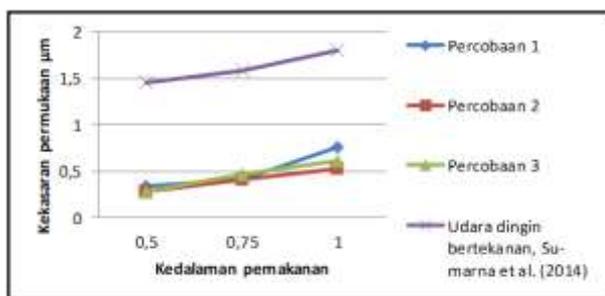
Gambar 6. Tingkat kekasaran menggunakan dromus



Gambar 7. Proses pengerjaan menggunakan media pendingin dromus

3.3 Media Pendinginan udara dingin

Kekasaran permukaan menggunakan udara dingin dengan kecepatan pemotongan 63 mm/min dan kecepatan pemakanan 950 mm/min menghasilkan kekasaran 0,296 μm dengan kedalaman pemakanan adalah 0,5 mm. Sedangkan pada kedalaman pemakanan 0,75 mm, dengan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,426 μm , kemudian pada kedalaman pemakanan yaitu 1 mm dan kecepatan pemotongan dan kecepatan pemakanan yang sama menghasilkan kekasaran 0,449 μm . Pada media pendinginan menggunakan udara dingin ada perbedaan tingkat kekasaran lebih baik dibandingkan dengan menggunakan udara ruang dan dromus [10]. Pada tingkat kekasaran menggunakan udara dingin tertera pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Tingkat kekasaran menggunakan udara dingin



Gambar 9. Proses pengerjaan menggunakan media pendingin udara dingin

3.4 Analisis

Hasil pembahasan yang telah dikemukakan diatas tentang pengaruh variasi pendinginan dan kedalaman pemakanan pada index kekasaran permukaan benda kerja dari hasil proses milling bahwa:

- 1) Hasil pengerjaan proses *milling* dengan penggunaan media pendinginan udara ruang yang paling besar adalah dengan kedalaman pemakanan 1,0 mm dan nilai kakasaran 0,974 μm , dan yang paling baik adalah pada kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan nilai kekasaran 0,510 μm disebabkan karena mata pahat dan material menjadi dingin.
- 2) Hasil pengerjaan proses milling dengan penggunaan media pendinginan dromus yang paling besar adalah dengan kedalaman pemakanan 1,0 mm dengan nilai

kakasaran 0,633 μm , dan yang paling baik adalah pada kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan nilai kekasaran 0,448 μm .

- 3) Hasil pengerjaan proses milling dengan penggunaan media pendinginan udara dingin yang paling besar adalah dengan kedalaman pemakanan 1,0 mm dengan nilai kakasaran 0,449 μm , dan yang paling baik adalah pada kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan nilai kekasaran 0,296 μm .
- 4) Dari data diatas menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan penggunaan media pendinginan dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran benda kerja AISI 304 pada proses milling. Yaitu nilai paling baik ditunjukkan pada penggunaan media pendinginan udara dingin dan kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan nilai kekasaran 0,296 μm .

4. Kesimpulan

Dari penelitian dapat diambil kesimpulan yaitu Kekasaran yang dihasilkan pada proses pengerjaan hasil proses *milling* ini dihasilkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dengan variasi media pendinginan terhadap kekasaran material *stainless steel* AISI 304 tingkat kekasaran terbesar yaitu pada media pendinginan menggunakan udara ruang 0,974 μm . Sedangkan tingkat kekasaran paling baik yaitu proses pengerjaan menggunakan media pendingin udara dingin dengan angka kekasaran 0,296 μm .

Kekasaran yang dihasilkan pada proses pengerjaan hasil proses milling ini dihasilkan bahwa tingkat kekasaran terbesar yaitu pada kedalaman pemakanan 1,0 mm dengan nilai angka kekasaran yaitu 0,974 μm . Sedangkan tingkat kekasaran paling baik atau paling kecil yaitu proses pengerjaan dengan kedalaman pemakanan yaitu 0,5 mm dengan angka kekasaran 0,296 μm .

Daftar Pustaka

- [1] S. Debnath, M. M. Reddy, and Q. S. Yi, "Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 83, pp. 33–47, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.07.071.
- [2] K. K. Gajrani, P. S. Suvin, S. V. Kailas, K. P. Rajurkar, and M. R. Sankar, "Machining of hard materials using textured tool with minimum quantity nano-green cutting fluid," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 35, pp. 410–421, 2021, doi: 10.1016/j.cirpj.2021.06.018.
- [3] A. Baumann, E. Oezkaya, D. Schnabel, D. Biermann, and P. Eberhard, "Cutting-fluid flow with chip evacuation during deep-hole drilling with twist drills," *Eur. J. Mech. B/Fluids*, vol. 89, pp. 473–484, 2021, doi: 10.1016/j.euromechflu.2021.07.003.
- [4] J. A. Ghani, M. Rizal, and C. H. Che Haron, "Performance of green machining: A comparative study of turning ductile cast iron FCD700," *J. Clean. Prod.*, vol. 85, pp. 289–292, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.02.029.
- [5] R. Teti, D. M. D'Addona, and T. Segreto, "Reprint of: Microbial-based cutting fluids as bio-integration manufacturing solution for green and sustainable machining," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 34, no. xxx, pp. 37–46, 2021, doi: 10.1016/j.cirpj.2021.06.007.
- [6] Taufiq Rochman, *Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Permesinan*. Institut Teknologi Bandung, 2007.
- [7] M.-Y. Wang and H.-Y. Chang, "Experimental study of

- surface roughness in slot end milling AL2014-T6,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 44, no. 1, pp. 51–57, 2004, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2003.08.011.
- [8] A. Rudi, A. Affandi, and Z. Fuadi, “Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 1, pp. 16–22, 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i1.4524.
- [9] A. Mashudi and N. A. Susanti, “Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU,” *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 57–66, 2020.
- [10] Paryanto, Rusnaldy, Y. Umardani, and N. Iskandar, “Simulasi Proses Pemesinan Menggunakan Udara-Dingin Dengan Tabung Vortek,” *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. ke-2.*, no. June 2011, pp. 54–58, 2011.
- [11] N. R. Dhar and M. Kamruzzaman, “Cutting temperature, tool wear, surface roughness and dimensional deviation in turning AISI-4037 steel under cryogenic condition,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 47, no. 5 SPEC. ISS., pp. 754–759, 2007, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2006.09.018.
- [12] Taufiq Rochim, *Optimisasi Proses Pemesinan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2007.
- [13] Dwi Rahdiyanta, *Cairan Pendingin untuk Proses Pemesinan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2010.
- [14] J. P. Davim, P. S. Sreejith, and J. Silva, “Turning of brasses using minimum quantity of lubricant (MQL) and flooded lubricant conditions,” *Mater. Manuf. Process.*, vol. 22, no. 1, pp. 45–50, 2007, doi: 10.1080/10426910601015881.
- [15] P. S. Sreejith, “Machining of 6061 aluminium alloy with MQL, dry and flooded lubricant conditions,” *Mater. Lett.*, vol. 62, no. 2, pp. 276–278, 2008, doi: 10.1016/j.matlet.2007.05.019.
- [16] Sunaryo, *Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang, 2010.
- [17] Widarto, *Teknik Pemesinan*. Buku Sekolah Elektronik (BSE), 2008.
- [18] A. Saputra, Firdaus, and I. Gunawan, “Pengaruh Variasi Media Pendingin Oli , Dromus , SS-400 Pada Proses Mesin Bubut Konvensional (Lathe Machine),” *Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 45–51, 2021.