

PENGARUH PARAMETER PROSES BUBUT TERHADAP LAJU PEMBUANGAN MATERIAL DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA *DRY MACHINING* BAJA AISI 1045

Jesslyne Chenia Noel*, Arum Soesanti, Hudiyo Firmanto

Fakultas Teknik Universitas Surabaya, Raya Kalirungkut, Surabaya 60293

*Corresponding author: jesslynechenianoel@gmail.com

Abstract—Currently, machining, especially in the turning process using coolant fluids, is widely utilized in manufacturing. Coolant fluids are employed to reduce machining temperatures resulting from friction, especially at the cutting tool, which can lead to reduced tool lifespan, faster wear, and increased surface roughness. However, the positive impact of coolant usage is often accompanied by negative consequences. Dry Machining serves as an alternative machining method to achieve desired machining results. The machining parameters involved are cutting speed (V), feed depth (a), and feed rate (f) in the roughing process for AISI 1045 steel. This study aims to investigate the influence of these machining parameters on Material Removal Rate (MRR) and surface roughness (R_a) in dry machining. The experimental design adopts a three-level full factorial approach. From the R_a data, the highest independent influence is observed in (f) with a $0.7174 \mu\text{m}$ increase in R_a for each level. Regarding parameter interaction, the highest influence on R_a is the interaction between (f) and (a), with a $0.012 \mu\text{m}$ increase for each level. In terms of MRR data, the highest independent influence is (V) with a $26,407.810 \text{ mm}^3/\text{min}$ increase for each level. The highest interaction influence on MRR is the interaction between (a) and (V), resulting in a $6,778,575 \text{ mm}^3/\text{min}$ increase for each level.

Keywords: dry machining, surface roughness, material removal rate, AISI 1045, three-level full factorial

Abstrak—Saat ini, pemesinan khususnya pada proses bubut menggunakan cairan *coolant* umum digunakan dalam manufaktur. Cairan *coolant* digunakan untuk mengurangi temperatur pemesinan akibat gesekan yang dihasilkan selama pemesinan, terutama pada pahat. Panas tersebut dapat menyebabkan pengurangan umur pahat, keausan yang lebih cepat, dan peningkatan kekasaran permukaan hasil pemesinan. Namun, dampak positif penggunaan *coolant* sering kali disertai dampak negatif. *Dry Machining* menjadi alternatif pemesinan untuk mencapai hasil pemesinan yang diinginkan. Parameter pemesinan yang digunakan adalah kecepatan potong (V), kedalaman pemakanan (a), dan gerak pemakanan (f). Jenis proses bubutnya adalah *roughing*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter pemesinan bubut terhadap MRR dan R_a pada *dry machining* AISI 1045. Desain eksperimen dilakukan dengan *three-level full factorial*. Dari data R_a , pengaruh tertinggi secara independen adalah f sebesar $0,7174 \mu\text{m}$ terhadap R_a . Sedangkan secara interaksi parameter, pengaruh tertinggi terhadap R_a adalah interaksi f dengan a . sebesar $0,012 \mu\text{m}$. Dari data MRR,, menunjukkan pengaruh tertinggi secara independen adalah V , sebesar $26.407,810 \text{ mm}^3/\text{min}$. Secara interaksi antar parameter, pengaruh tertinggi terhadap respon MRR adalah interaksi a dan V sebesar $6.778,575 \text{ mm}^3/\text{min}$. Secara keseluruhan, jika *dry* dibandingkan dengan *wet machining* cenderung memberikan R_a yang lebih baik karena adanya pendinginan. Namun, pilihan tersebut harus mempertimbangkan aspek biaya dan dampak lingkungannya.

Kata kunci: *dry machining*, kekasaran permukaan, laju pembuangan material, AISI 1045, *three-level full factorial*

Pendahuluan

Pada proses pemesinan, terjadi interaksi antara pahat dan benda kerja memainkan peran krusial. Selain merubah bentuk, proses ini juga menuntut akurasi, hasil permukaan, dan efisiensi waktu. Kekasaran permukaan dan laju pembuangan material (MRR) dipengaruhi oleh parameter-parameter utama pemesinan, seperti kecepatan pemotongan, *feed*, dan kedalaman potongan. Isuamfon (2020) menekankan bahwa kedalaman potongan mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja, dengan peningkatan kedalaman potongan menyebabkan getaran alat yang meningkat dan hasil permukaan yang buruk. Selain itu, hasil temuan menunjukkan kecepatan pemotongan, meskipun mempengaruhi kekasaran permukaan secara minimal, dapat memberikan dampak positif dengan mengurangi getaran dan gaya pemotongan yang lebih rendah selama proses pemesinan.

Penggunaan cairan *coolant* dalam proses pemesinan telah menjadi standar, namun dampak negatifnya, seperti polusi lingkungan dan biaya tambahan, menimbulkan kebutuhan akan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu solusi yang muncul adalah pemesinan

tanpa cairan *coolant*, atau *dry machining*. Meskipun dapat mengurangi dampak lingkungan dan biaya operasional, penerapan *dry machining* terdapat beberapa tantangan.

Penelitian oleh Galanis (2014) menyoroti efek parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan dan temperatur permukaan pahat. Ia menekankan bahwa dengan menerapkan pemesinan kering, dapat dicapai kualitas permukaan yang diinginkan melalui pemilihan kondisi pemotongan yang tepat, terutama melibatkan kecepatan pemotongan yang tinggi dan *feed rate* yang rendah. Muksin Rasyid H. (2017) menyelidiki pengaruh cairan pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan baja karbon. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa cairan pemotongan tidak memiliki pengaruh signifikan pada kekasaran permukaan material uji.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan dan MRR pada *dry machining* AISI 1045. Material yang digunakan adalah AISI 1045, sejenis baja karbon menengah yang umum digunakan. Dengan mempertimbangkan kombinasi variabel seperti kecepatan pemotongan, kedalaman potongan, dan *feed*, penelitian ini menggunakan metode desain faktorial untuk mengidentifikasi efek dan interaksi parameter.

Metode Penelitian

Penelitian terhadap material AISI 1045 yang akan diproses dengan metode *dry machining* melibatkan serangkaian tahapan penting. Proses penelitian dimulai dengan identifikasi permasalahan terkait material AISI 1045, yang mencakup studi pustaka dan perumusan tujuan penelitian. Langkah berikutnya adalah pengumpulan data terkait variabel respon yang dilakukan oleh peneliti dahulu yang kemudian akan dilakukan perancangan desain eksperimen yang akan digunakan, termasuk penentuan level faktor pemesinan yang relevan. Setelah proses pengumpulan data selesai dilakukanlah penelitian dan pengukuran respon dari hasil yang didapat. Pada akhirnya, semua hasil yang berhasil dicapai dalam rangka mencapai tujuan penelitian material AISI 1045 yang diproses dengan metode *dry machining* akan disajikan dalam kesimpulan menyeluruh.

Benda Kerja



Gambar 1. Material baja AISI 1045 sebelum percobaan.



Gambar 2. Material baja AISI 1045 setelah percobaan.

Material benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1045 seperti pada Gambar 1 sebelum dimesin dan Gambar 2 sesudah dimesin. Material berbentuk silinder dengan diameter awal 50 mm dan panjang untuk pengerjaan 200 mm.

Alat

Pahat (*insert*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat ZCC tipe CNMG 120408-ZM dengan *nose radius* 0.8 mm. Pemegang pahat yang digunakan dari *Kyocera* tipe DCLNR

2525M12. Mesin yang akan digunakan pada eksperimen penelitian adalah mesin CNC bubut *Leadwell* tipe LTC-20B seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin Bubut CNC Leadwell LTC-20B.

Adapun untuk mengukur kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester* Mitutoyo SJ 201 dengan ketelitian 0.1 μm seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ201.

Rancangan Metode dan Parameter Pengujian

Data yang akan digunakan dalam penelitian merupakan desain eksperimen *three-level full factorial design* yaitu 3 parameter pemesinan dengan 3 level setiap parameter. Level yang digunakan adalah level tinggi, menengah, dan rendah. Pada penelitian ini, jenis proses bubut yang akan digunakan yaitu proses *medium cutting*, dimana pahat untuk proses ini dapat digunakan pada proses *roughing* maupun *finishing*. Tabel 1 menunjukkan nilai dari setiap variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1

Parameter Penelitian

Variabel Bebas	Nilai Variabel		
Kecepatan Potong (V) [m/min]	100	150	200
Kedalaman Potong (a) [mm]	1.5	2.0	2.5
Gerak Pemakanan (f) [mm/put]	0.25	0.30	0.35

Hasil dan Pembahasan

Eksperimen utama dilakukan untuk mengetahui tren hasil respon Ra dan MRR dari kombinasi parameter selain maksimal dan minimal juga diantaranya secara signifikan naik atau turun ataupun terdapat hasil yang berbeda pada kombinasi ditengah. Pada eksperimen utama, pengerjaan pemesinan dan pengukuran Ra dilakukan secara randomisasi untuk meminimalkan bias pada hasil yang diperoleh. Eksperimen ini dirancang dalam 27 kombinasi dalam 3 parameter dan tiga level yaitu level tinggi, sedang, rendah. Berikut *coded variable* dan kombinasi parameter pada eksperimen utama yang dapat dilihat pada Tabel 2.

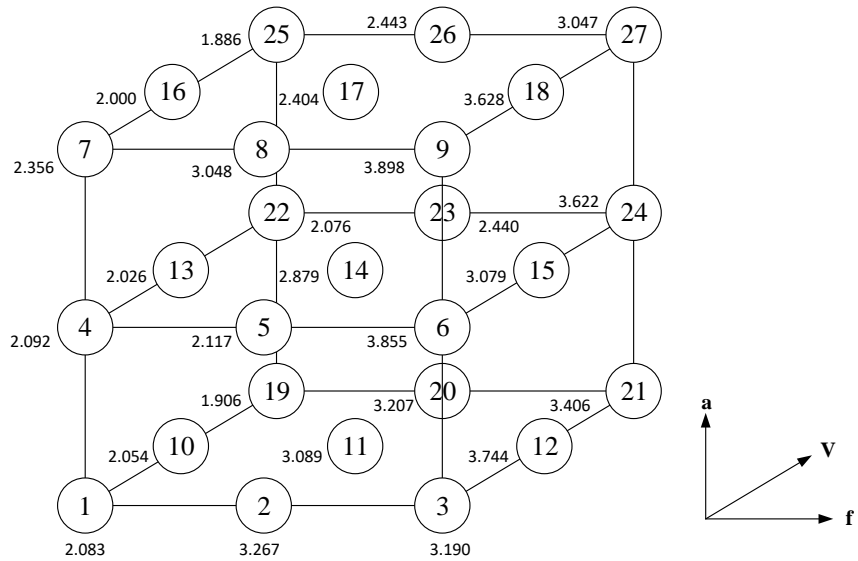
Tabel 2

Coded Variable dan Kombinasi Parameter Eksperimen Utama

Run Number	Spesimen Uji	Coded Variable			Variabel Respon		
		A	B	C	V [m/min]	a [mm]	f [mm/put]
15	U-1	-1	-1	-1	100	1.5	0.25
9	U-2	-1	-1	0	100	1.5	0.3
18	U-3	-1	-1	1	100	1.5	0.35
4	U-4	-1	0	-1	100	2	0.25
19	U-5	-1	0	0	100	2	0.3
7	U-6	-1	0	1	100	2	0.35
22	U-7	-1	1	-1	100	2.5	0.25
13	U-8	-1	1	0	100	2.5	0.3
2	U-9	-1	1	1	100	2.5	0.35
24	U-10	0	-1	-1	150	1.5	0.25
10	U-11	0	-1	0	150	1.5	0.3
5	U-12	0	-1	1	150	1.5	0.35
17	U-13	0	0	-1	150	2	0.25
12	U-14	0	0	0	150	2	0.3
23	U-15	0	0	1	150	2	0.35
8	U-16	0	1	-1	150	2.5	0.25
26	U-17	0	1	0	150	2.5	0.3
1	U-18	0	1	1	150	2.5	0.35
20	U-19	1	-1	-1	200	1.5	0.25
16	U-20	1	-1	0	200	1.5	0.3
25	U-21	1	-1	1	200	1.5	0.35
11	U-22	1	0	-1	200	2	0.25
6	U-23	1	0	0	200	2	0.3
3	U-24	1	0	1	200	2	0.35
14	U-25	1	1	-1	200	2.5	0.25
21	U-26	1	1	0	200	2.5	0.3
27	U-27	1	1	1	200	2.5	0.35

Analisis Pengaruh Parameter terhadap Ra

Hasil data Ra yang telah terkumpul berikutnya diproses secara statistik dengan menggunakan proses perhitungan kombinasi parameter 3^3 . Kombinasi parameter dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kombinasi Parameter 3^3 dengan Respon R_a .

Perhitungan dilakukan untuk mencari pengaruh apabila dilakukan peningkatan setiap satu level. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil *main effect* parameter independen pada Tabel 3.

Tabel 3
Efek Kenaikan Parameter Independen Terhadap Respon R_a

Parameter	Kekasaran Permukaan (μm)
f	0,7174
a	0,036
V	-0,087

Pada Tabel 3 terlihat bahwa f merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam menghasilkan tingkat kekasaran permukaan. Parameter a dan V hanya memberikan sedikit pengaruh. Peningkatan f dan a akan meningkatkan hasil kekasaran permukaan. Pada f , setiap kenaikan satu level meningkatkan kekasaran permukaan sebesar $0,7174 \mu\text{m}$. Pada a , kenaikan satu level akan meningkatkan kekasaran permukaan sebesar $0,036 \mu\text{m}$. Peningkatan V akan menurunkan hasil kekasaran permukaan. Peningkatan setiap level pada V , kekasaran permukaan akan turun sebesar $0,087 \mu\text{m}$.

Perhitungan berikutnya akan dilanjutkan pada pengaruh antar interaksi. Interaksi dihitung dengan membandingkan satu parameter dengan level atas dan level bawah parameter lain. Berdasarkan perhitungan interaksi antar parameter dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.

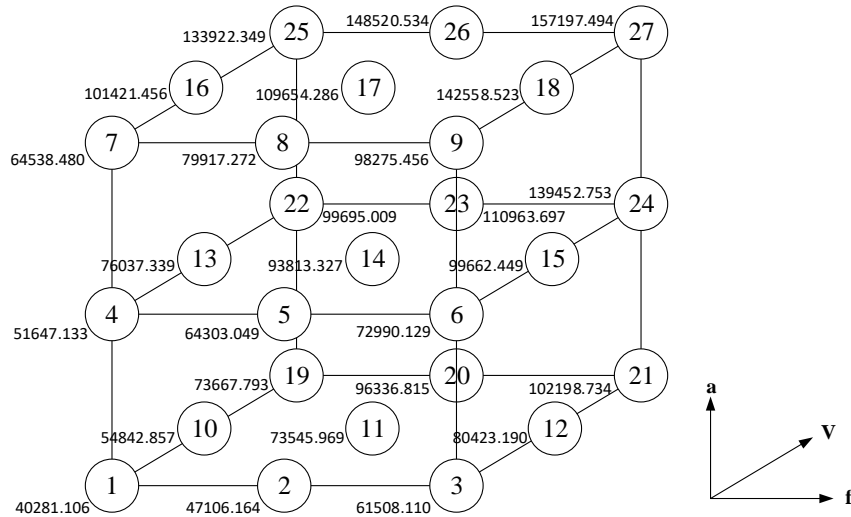
Tabel 4
Efek Interaksi Parameter Terhadap Respon R_a

Parameter	Kekasaran Permukaan (μm)
$f - V$	-0,0171
$f - a$	0,012
$a - V$	0,1699
$f - V - a$	-0,0171

Berdasarkan analisis pengaruh parameter terhadap respon R_a , interaksi parameter pada Tabel 6 yang paling berpengaruh adalah *depth of cut* dengan kecepatan potong. Setiap kenaikan satu level interaksi, akan meningkatkan R_a sebesar $0,1699 \mu\text{m}$. Diikuti dengan interaksi *depth of cut* dengan *feed*, dengan kenaikan satu level, akan meningkatkan R_a sebesar $0,012 \mu\text{m}$.

Analisis Pengaruh Parameter terhadap MRR

Hasil data MRR yang telah terkumpul berikutnya diproses secara statistik dengan menggunakan proses perhitungan kombinasi parameter 3^3 . Kombinasi parameter dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kombinasi Parameter 3^3 dengan Respon MRR.

Perhitungan dilakukan untuk mencari pengaruh apabila dilakukan peningkatan setiap satu level. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil *main effect* parameter independen pada Tabel 5.

Tabel 5
Efek Kenaikan Parameter Independen Terhadap Respon R_a

Parameter	Laju Pembuangan Material (mm ³ /min)
<i>f</i>	13989,234
<i>a</i>	34713,014
<i>V</i>	23749,331

Pada Tabel 5 terlihat bahwa *a* merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam menghasilkan laju pembuangan material. Parameter *f* dan *V* juga memberikan pengaruh positif. Peningkatan *a*, *f*, dan *V* akan meningkatkan hasil laju pembuangan material. Pada *a*, setiap kenaikan satu level meningkatkan laju pembuangan material sebesar $34713,014 \text{ mm}^3/\text{min}$. Pada *V*, kenaikan satu level akan meningkatkan laju pembuangan material sebesar $23749,331 \text{ mm}^3/\text{min}$. Demikian pula dengan kenaikan *f* akan meningkatkan hasil laju pembuangan material. Peningkatan setiap level pada *f*, laju pembuangan material akan naik sebesar $13989,234 \text{ mm}^3/\text{min}$.

Perhitungan berikutnya akan dilanjutkan pada pengaruh antar interaksi. Interaksi dihitung dengan membandingkan satu parameter dengan level atas dan level bawah parameter lain. Berdasarkan perhitungan interaksi antar parameter dapat dilihat hasilnya pada Tabel 6.

Tabel 6
Efek Interaksi Parameter Terhadap Respon MRR

Parameter	Laju Pembuangan Material (mm ³ /min)
<i>f</i> - <i>V</i>	1271,405
<i>f</i> - <i>a</i>	906,772
<i>a</i> - <i>V</i>	6778,575
<i>f</i> - <i>V</i> - <i>a</i>	1271,405

Berdasarkan analisis pengaruh parameter terhadap respon MRR, interaksi parameter yang paling berpengaruh adalah *depth of cut* dengan kecepatan potong. Setiap kenaikan satu level interaksi, akan meningkatkan MRR sebesar 6778,575 mm³/min.

Analisis Variansi terhadap Ra

Hasil pengukuran Ra yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis data dengan metode ANOVA menggunakan aplikasi *minitab* untuk mengetahui parameter pemesinan yang berpengaruh terhadap Ra. Parameter yang termasuk memberikan pengaruh dilihat dari nilai *P-value* yang lebih kecil dari 0,05. Dapat dilihat pada Gambar 7 yang menunjukkan hasil dari ANOVA, parameter *feed* merupakan parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap penelitian ini. Hal tersebut ditunjukkan dari parameter tersebut yang memiliki *P-value* yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan parameter *V* dan *a* memiliki pengaruh dan persen kontribusi yang kecil terhadap Ra.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kecepatan Potong	2	0,1951	0,09756	0,96	0,401
Kedalaman Potong	2	0,1815	0,09074	0,89	0,426
Gerak Pemakanan	2	9,3764	4,68819	46,01	0,000
Error	20	2,0378	0,10189		
Total	26	11,7907			

Gambar 7. Hasil ANOVA Ra.

Analisis Variansi terhadap MRR

Hasil pengukuran MRR yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis data dengan metode ANOVA menggunakan aplikasi *minitab* untuk mengetahui parameter pemesinan yang berpengaruh terhadap MRR. Dapat dilihat pada Gambar 8 yang menunjukkan hasil dari ANOVA, semua parameter pemesinan yaitu *V*, *a*, dan *f* merupakan parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap penelitian ini. Hal tersebut ditunjukkan dari parameter tersebut yang memiliki *P-value* yang lebih kecil dari 0,05.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kecepatan Potong	2	12882626712	6441313356	131,29	0,000
Kedalaman Potong	2	9205923582	4602961791	93,82	0,000
Gerak Pemakanan	2	3704191515	1852095758	37,75	0,000
Error	20	981212089	49060604		
Total	26	26773953898			

Gambar 8. Hasil ANOVA MRR.

Analisis Komparasi *Dry Machining* dengan *Wet Machining*

Perbandingan antara pemesinan kering (*dry machining*) dan pemesinan basah (*wet machining*) pada baja AISI 1045 melibatkan beberapa parameter pemotongan utama, seperti kedalaman potong (*depth of cut*), *feed*, dan kecepatan potong. Dalam konteks *dry machining*, perlu memperhatikan bahwa kecepatan dan kedalaman potong dapat memengaruhi tingkat pembentukan panas yang lebih tinggi, sehingga ada kemungkinan *overheating* dan deformasi material.

Di sisi lain, pada *wet machining*, cairan pendingin membantu mengurangi panas yang dihasilkan selama pemotongan, sehingga memungkinkan penggunaan kedalaman potong yang lebih besar tanpa risiko *overheating*. Penelitian yang dilakukan oleh Abreham (2021) menunjukkan bahwa parameter pemotongan seperti kecepatan potong, *feed*, dan kedalaman potong memiliki pengaruh yang signifikan pada kekasaran permukaan. Pada *wet machining*, kekasaran permukaan lebih baik pada kecepatan potong tinggi, *feed* rendah, dan kedalaman potong menengah. Sedangkan pada proses pemesinan kering, kekasaran permukaan lebih baik pada kecepatan potong tinggi, *feed* menengah, dan kedalaman potong rendah.

Berdasarkan hasil yang diperoleh Abreham (2021), persentase reduksi tingkat kekasaran permukaan dari *dry* ke *wet* antara 3,9% hingga 35,4%. Persentase reduksi terbesar yaitu pada kecepatan potong 150 m/menit, *feed* 0,15 mm/rev, *depth of cut* 0,2 mm dan 0,05 mm. Pada proses *dry machining*, diperoleh Ra sebesar 1,27 μm . Sedangkan pada *wet machining*, diperoleh Ra sebesar 0,82 μm .

Jika dibandingkan pada penelitian *dry machining* ini, dengan kombinasi kecepatan potong 150 m/menit, *depth of cut* dan *feed* terendah didapatkan Ra sebesar 2,054 μm . Secara keseluruhan, *wet machining* cenderung memberikan kekasaran permukaan yang lebih baik karena pendinginan yang efektif dan pengurangan gesekan, namun pilihan antara kedua metode baik *dry* maupun *wet* harus mempertimbangkan aspek biaya dan dampak lingkungan dari penggunaan cairan pendingin pada *wet machining*. Proses *dry machining* juga menunjukkan hasil Ra yang masih dalam standar kekasaran permukaan pengerjaan bubut.

Kesimpulan

Dari hasil seluruh pengujian yang telah dilakukan pada *dry machining* baja AISI 1045, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Berdasarkan analisis pengaruh parameter secara independen terhadap respon Ra, yang paling berpengaruh adalah gerak pemakanan (*f*). Setiap kenaikan satu level, akan meningkatkan Ra sebesar 0,7174 μm . Hasil ini juga sesuai dengan hasil ANOVA. Parameter *f* menunjukkan pengaruh yang paling signifikan dengan *P-value* yang lebih kecil dari 0,05 dan *F-value* paling besar yaitu 46,01.
- b. Berdasarkan analisis pengaruh interaksi antar parameter terhadap respon Ra, yang paling berpengaruh adalah gerak pemakanan (*f*) dengan kedalaman potong (*a*). Setiap kenaikan satu level, akan meningkatkan Ra sebesar 0,012 μm . Hasil analisis ini juga sesuai dengan hasil analisis pengaruh independen, dimana *f* dan *a* memberikan pengaruh positif meningkatkan Ra.
- c. Berdasarkan analisis pengaruh parameter secara independen terhadap respon MRR, yang paling berpengaruh adalah kecepatan potong (*V*). Setiap kenaikan satu level, akan meningkatkan MRR sebesar 26.407,810 mm^3/min . Hasil ini juga sesuai dengan hasil ANOVA. Parameter *V* menunjukkan pengaruh yang paling signifikan dengan *P-value* yang lebih kecil dari 0,05 dan *F-value* paling besar yaitu 131,29.
- d. Berdasarkan analisis pengaruh interaksi antar parameter terhadap respon MRR, yang paling berpengaruh adalah kedalaman potong (*a*) dengan kecepatan potong (*V*). Setiap kenaikan satu level, akan meningkatkan MRR sebesar 6.778,575 mm^3/min . Hasil ini juga sesuai dengan hasil analisis pengaruh independen, dimana *V* dan *a* memberikan pengaruh lebih besar dalam meningkatkan MRR.

- e. Secara keseluruhan, jika *dry* dibandingkan dengan *wet machining* cenderung memberikan Ra yang lebih baik karena adanya pendinginan. Namun, pilihan antara *dry* maupun *wet* harus mempertimbangkan aspek biaya dan dampak lingkungannya.

Pustaka Acuan

- Abebe, A. D., Jiru, M. G., & Kabeta, G. (2021). Comparative Study on Dry and Wet Machining During Double Tool Turning of AISI 1045 Steel. *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.* 8(9). 71-101. <https://www.researchgate.net/publication/354543418>.
- Alemayoh, G. H., Singh, B., & Tesfamariam, B. B. (2023). Experimental and Numerical Investigation of Dry Turning AISI 1030 Carbon Steel Using CNC Lathe Machining. *Engineering Research Express*, 5(1), 015007. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/acb11e>.
- Bagaber, S. A., & Yusoff, A. R. (2018). Sustainable Optimization of Dry Turning of Stainless Steel Based On Energy Consumption and Machining Cost. *Procedia CIRP.* 77(2). 397-400. doi: 10.1016/j.procir.2018.08.300.
- Canter, N. M. (2003). The Possibilities and Limitations of Dry Machining. *Tribology & Lubrication Technology*, 59(11), 30.
- Edem, I. F., Balogun, V. A., Nkanang, B. D., John, E. A., Archibong, A. E., Obio, D. E., & Kelvin Joseph, A. K. (2020). Surface Roughness Optimisation in Turning using Taguchi Approach. *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*. 3(1). 147-153. <https://www.researchgate.net/publication/343166952>.
- Elbah, M., Laouici, H., Benlahmidi, S., Nouioua, M., & Yallese, M. A. (2019). Comparative Assessment of Machining Environments (Dry, Wet and MQL) in Hard Turning of AISI 4140 Steel with CC6050 Tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* 105(5-6). 2581-2597. doi: 10.1007/s00170-019-04403-9.
- Fahrizal, F., Priyono, P., Mau, S., & Dos Santos, A. D. D. (2022). Effect of Cutting Parameters on Low Carbon Steel Surface Roughness in the Conventional Turning Process. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 9(1), 28-38. doi: 10.36706/jptm.v9i1.17256.
- Ginting, A. (2003). High Speed Machining of AISI 01 Steel With Multilayer Ceramic CVD – Coated Carbide. *Tool Life and Surface Integrity*, 14(3).
- Groover, (2002). *Fundamentals of Modern Manufacturing; Materials Processing and System*, John Wiley and Sons, New York.
- Grzesik, W., & Nieslony, P. (2003). Thermophysical-Property-Based Selection of Tool Protective Coatings for Dry Machining of Steels. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 125(4), 689-695.
- Ikhtiardi, I. (2023). Pengaruh Cutting Speed Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida CVD Berlapis pada Pembuatan Baja AISI 1045. *Buletin Utama Teknik.* 18(2). <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/6641>.
- John A. Schey, 2009, *Proses Manufaktur : Introduction to Manufacture Processes* edisi kedua, Department of Mechanical Engineering, University of Waterloo, Ontario.
- Juhana, O. dan Suratman, M., (2000). *Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO*. Pustaka Grafika, Bandung.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2022). *Manufacturing, Engineering and Technology* SI 8th Edition. Pearson Education.
- Mackerle, J. (1999). Finite Element Analysis and Simulation of Machining: A Bibliography. *Journal of Materials Processing Technology* (pp. 17-24).
- Magalhaes, L. C., Carlesso, G. C., López de Lacalle, L. N., Souza, M. T., de Oliveira Palheta, F., & Binder, C. (2022). Tool Wear Effect on Surface Integrity in AISI 1045 Steel Dry Turning. *Materials*, 15(6), 2031. doi: 10.3390/ma15062031.
- Merchant, M. E. (1944). *Basic Mechanics of The Metal-Cutting Process*. <https://doi.org/10.1115/1.4009380>.

- Nair, S. S., Ramkumar, T., & Netto, F. (2019). Experimental Investigation of Dry Turning of AISI 1040 Steel with TiN Coated Insert. *Engineering Research Express*, 1(2), 025038. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ab58d9>.
- Napid, S., Harahap, M. R., & Nasution, A. H. (2022). Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in Dry Machining of S45C Steel Using Carbide Tools. *International Journal of Research and Review (IJRR)*. 9(12). 669-677. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20221277>.
- Rahim, R., Napid, S., Hasibuan, A., Sibuea, S. R., & Yusmartato, Y. (2018). Effect of the Machined Surfaces of AISI 4337 Steel to Cutting Conditions on Dry Machining Lathe. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1007, p. 012064). IOP Publishing. doi :10.1088/1742-6596/1007/1/012064.
- Rochim, Taufiq. (1993). *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Institut Teknologi Bandung.
- Rochim, Taufiq. (2001). *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Institut Teknologi Bandung.
- Rochim, Taufiq. (2007). *Klasifikasi Proses Gaya dan Daya Pemesinan*. Institut Teknologi Bandung.
- Roy, R. S., Dash, S., Mahapatra, T. R., Mishra, D., & Jaypuria, S. (2021). Cutting Performance Analysis of Surface Textured Tools in Dry Turning: Optimisation of Process Parameters. *E3S Web of Conferences* (Vol. 309, p. 01164). EDP Sciences. doi: 10.1051/e3sconf/202130901164.
- Sreejith, P. S., & Ngoi, B. K. A. (2000). Dry Machining: Machining of The Future. *Journal of Materials Processing Technology*, 101(1-3), 287-291.
- Tönshoff, H. K., & Mohlfeld, A. (1997). PVD-Coatings for Wear Protection in Dry Cutting Operations. *Surface and Coatings Technology*, 93(1), 88-92.