

Analisis Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Menggunakan Metode Taguchi

Deni Tri Arga ¹⁾; Yeny Pusvyta ²⁾; Arie Yudha Budiman ³⁾

^{1,2,3)} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

Email: ¹⁾ denitri619@gmail.com ; ²⁾ yeny.isgawa@gmail.com ; ³⁾ arieyudhabudiman@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received [30 Juli 2025]

Revised [30 September 2025]

Accepted [03 Oktober 2025]

KEYWORDS

Cutting Variations, Surface Roughness, Turning, Taguchi Method.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja AISI 1045 menggunakan metode Taguchi. Parameter pemotongan yang divariasikan meliputi putaran spindle (rpm), laju pemakanan (feed), dan kedalaman potong (depth of cut). Eksperimen dilakukan menggunakan mesin bubut konvensional dengan pahat karbida DCMT 070204 – PM 4335, serta rancangan percobaan orthogonal array L9(3³). Analisis dilakukan menggunakan rasio signal-to-noise (S/N) dengan karakteristik smaller is better dan analisis varians (ANOVA) untuk mengukur kontribusi masing-masing faktor terhadap kekasaran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pemakanan memberikan pengaruh paling signifikan dengan kontribusi 65,69% (F-value = 9,80; P-value = 0,093), diikuti oleh putaran spindle sebesar 22,04% (F-value = 3,29; P-value = 0,233), dan kedalaman potong sebesar 5,57% (F-value = 0,83; P-value = 0,546). Kombinasi parameter optimum yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan minimum adalah putaran spindle 900 rpm, laju pemakanan 0,0803 mm/putaran, dan kedalaman potong 0,2 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Taguchi efektif dalam mengidentifikasi parameter dominan dengan jumlah eksperimen yang efisien.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of cutting parameter variations on surface roughness in the turning process of AISI 1045 steel using the Taguchi method. The cutting parameters varied include spindle speed (rpm), feed rate (mm/rev), and depth of cut (mm). Experiments were carried out using a conventional lathe with a carbide insert (DCMT 070204 – PM 4335) and an orthogonal array design L9(3³). The analysis was conducted using the signal-to-noise (S/N) ratio with the smaller is better criterion and analysis of variance (ANOVA) to evaluate the contribution of each factor to surface roughness. The results show that the feed rate had the most significant effect, contributing 65.69% (F-value = 9.80; P-value = 0.093), followed by spindle speed at 22.04% (F-value = 3.29; P-value = 0.233), and depth of cut at 5.57% (F-value = 0.83; P-value = 0.546). The optimal parameter combination that yielded the lowest surface roughness consisted of a spindle speed of 900 rpm, a feed rate of 0.0803 mm/rev, and a depth of cut of 0.2 mm. These findings confirm the effectiveness of the Taguchi method in identifying dominant parameters with a minimal number of experimental runs.

PENDAHULUAN

Dalam proses produksi di industri manufaktur, pembubutan masih menjadi salah satu metode utama dalam membentuk dan menyelesaikan komponen yang berbentuk silinder. Kualitas hasil pembubutan tidak hanya ditentukan oleh dimensi yang tepat, tetapi juga oleh tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan. Kekasaran permukaan memengaruhi kinerja akhir suatu komponen, khususnya yang mengalami kontak gesek atau beban berulang, sehingga menjadi salah satu parameter penting dalam evaluasi kualitas pemesinan (Salman & Ugla, 2020; Senthil Kumar et al., 2013).

Kekasaran permukaan ditentukan oleh berbagai faktor, baik dari sisi material, kondisi alat potong, maupun parameter proses yang digunakan. Di antara parameter tersebut, putaran spindle, laju pemakanan, dan kedalaman potong merupakan tiga variabel utama yang secara langsung memengaruhi interaksi antara pahat dan benda kerja. Ketiga parameter ini harus diatur secara tepat untuk memperoleh hasil akhir yang optimal. Namun, dalam praktiknya, banyak operator mesin atau praktisi industri yang masih menentukan kombinasi parameter berdasarkan pengalaman subjektif atau pendekatan coba-coba (Arziul bin Abdullah et al., 2023; Napid et al., 2024).

Pendekatan yang tidak terstruktur dalam menentukan parameter pemotongan sering kali menimbulkan inkonsistensi hasil, pemborosan waktu, serta peningkatan biaya produksi. Untuk itu, dibutuhkan suatu metode yang mampu mengidentifikasi secara sistematis pengaruh masing-masing parameter terhadap kualitas permukaan, sekaligus membantu menentukan kombinasi yang paling efisien dan efektif. Salah satu metode yang telah terbukti dalam konteks ini adalah metode Taguchi, yang

menawarkan pendekatan statistik dalam merancang eksperimen multivariat secara efisien (Hoang, 2023).

Metode Taguchi menggunakan rancangan *orthogonal array* untuk mengevaluasi pengaruh beberapa faktor dalam jumlah eksperimen yang minimal. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan penilaian terhadap stabilitas dan ketahanan proses melalui analisis *signal-to-noise ratio*, serta pengukuran kontribusi faktor melalui analisis varians (ANOVA). Pendekatan ini sangat cocok diterapkan dalam penelitian pembubutan yang melibatkan banyak variabel, termasuk saat mengevaluasi pengaruh parameter terhadap kekasaran permukaan material seperti baja AISI 1045 (Abdu et al., 2024; Moayyedian et al., 2020; Yakubu et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi parameter pemotongan, yaitu putaran spindel, laju pemakanan, dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan dalam proses pembubutan baja AISI 1045. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kombinasi parameter yang optimal dengan menggunakan metode Taguchi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan proses pemesinan yang lebih presisi dan efisien, baik untuk kepentingan praktis di industri maupun untuk pengembangan akademik lebih lanjut.

LANDASAN TEORI

Pembubutan merupakan salah satu metode pemesinan konvensional yang banyak digunakan untuk membuat komponen silinder dengan presisi tinggi. Kualitas hasil sering diukur dari kekasaran permukaan (*surface roughness*), karena nilai Ra yang rendah menunjukkan performa mekanik yang lebih baik, seperti daya tahan aus dan koefisien gesekan rendah (Aji et al., 2025; Kashkool, 2022).

Nilai kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti putaran spindel, laju pemakanan, dan kedalaman potong (Husni Tarmizi et al., 2019). Penelitian (Aji et al., 2025) dan (Kashkool, 2022) menunjukkan laju pemakanan dan putaran spindel sebagai faktor kritis dalam kontrol nilai Ra pada baja AISI 1045. Selain itu, (M. Mohammad & Hameed Ibrahim, 2017) melaporkan bahwa peningkatan kecepatan potong menurunkan Ra, namun meningkatkan temperatur pahat.

Baja AISI 1045 adalah baja karbon sedang yang umum digunakan di sektor otomotif dan manufaktur. Material ini memiliki sifat mekanik yang menantang dalam pengerjaan karena kekerasan dan kekuatannya (Lubay et al., 2024). Studi oleh (Kashkool, 2022) dan (Aji et al., 2025) menegaskan bahwa pemilihan parameter optimal sangat penting untuk menghasilkan permukaan akhir yang baik tanpa mempercepat keausan pahat.

Metode Taguchi telah terbukti efektif dalam optimasi parameter pemotongan pemesinan. Misalnya, penelitian (Putra et al., 2023) menunjukkan penggunaan *orthogonal array* (L9/L27) serta rasio *S/N smaller is better* untuk mengidentifikasi kombinasi parameter optimal yang meminimalkan Ra dan tool wear. Analisis ANOVA dalam studi (Putra et al., 2023) membantu mengungkap kontribusi utama masing-masing variabel (Putra et al., 2023).

Metode ini juga diintegrasikan dengan teknik lain seperti Response Surface Methodology (RSM) (Budiman et al., 2021) dan high-pressure coolant (HPC). Penelitian oleh (Qasim et al., 2015) menyoroti bahwa penggunaan HPC dapat mengurangi Ra hingga 23% dan menghemat daya hingga 33%, serta dampak positifnya terhadap tool life. Selain itu, model Bayesian hierarki dikembangkan untuk meningkatkan prediksi Ra, seperti dicontohkan oleh (Clarkson et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja AISI 1045. Rancangan eksperimen yang digunakan adalah metode Taguchi dengan *orthogonal array* L9(3³), yang sesuai untuk menguji tiga faktor masing-masing pada tiga level dengan jumlah percobaan yang efisien.

Penelitian ini menggunakan mesin bubut konvensional merek Krissbow KW 15–907 sebagai mesin utama. Alat potong yang digunakan adalah pahat karbida insert DCMT 070204 – PM 4335, sedangkan untuk pengukuran kekasaran permukaan digunakan alat Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-310. Bahan uji yang digunakan adalah baja AISI 1045 berbentuk silinder padat dengan diameter 25 mm dan panjang 150 mm. Penelitian ini melibatkan tiga faktor utama sebagai variabel bebas, masing-masing dengan tiga level seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan (Ra) dalam satuan mikrometer (μm).

Tabel 1. Parameter Pemotongan dan Levelnya

Faktor	Satuan	Level		
		1	2	3
Putaran spindel (A)	Rpm	255	585	900
Laju pemakanan (B)	mm/putaran	0,0803	0,1228	0,1700
Kedalaman potong (C)	mm	0,2	0,5	0,8

Rancangan eksperimen disusun menggunakan metode Taguchi dengan orthogonal array L9(3³), yang menggunakan 9 kombinasi perlakuan. Pengujian kekasaran dilakukan setelah proses pembubutan selesai. Nilai kekasaran permukaan diukur pada tiga titik berbeda sepanjang permukaan benda kerja, dan nilai rata-rata dari tiga pengukuran digunakan sebagai nilai kekasaran akhir. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan uji dan memotongnya sesuai ukuran.
2. Menyetel parameter pemotongan sesuai rancangan orthogonal array.
3. Melakukan proses pembubutan pada mesin konvensional menggunakan pahat karbida.
4. Mengukur kekasaran permukaan menggunakan alat Roughness Tester pada tiga titik permukaan.
5. Mencatat nilai kekasaran dan mengulang pengujian sebanyak tiga kali untuk setiap kombinasi parameter.

Data kekasaran permukaan dianalisis menggunakan rasio signal-to-noise (S/N) dengan karakteristik “smaller is better”, yang sesuai untuk respon yang ingin diminimalkan.

Rumus S/N ratio untuk karakteristik “smaller is better” adalah:

$$\frac{S}{N} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

di mana:

y_i = nilai kekasaran permukaan ke- i

n = jumlah pengulangan

Selain itu, dilakukan Analisis Varian (ANOVA) untuk mengetahui kontribusi relatif dari masing-masing faktor terhadap variasi nilai Ra. Tingkat kepercayaan yang digunakan 90% atau $\alpha = 0,1$. Semua analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil4

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja AISI 1045. Parameter yang diuji terdiri dari putaran spindel (rpm), laju pemakanan (mm/putaran), dan kedalaman potong (mm), masing-masing pada tiga level. Kombinasi parameter dirancang menggunakan orthogonal array Taguchi L9(3³), menghasilkan sembilan kombinasi eksperimen, masing-masing diulang sebanyak tiga kali untuk meningkatkan reliabilitas data. Tabel berikut menyajikan kombinasi parameter pemotongan beserta hasil pengukuran kekasaran permukaan (Ra) dalam satuan mikrometer (μm). Nilai Ra diukur pada tiga titik untuk setiap percobaan, kemudian dirata-ratakan untuk dianalisis lebih lanjut.

Tabel 2 Data Hasil Kekasaran dari Matriks Ortogonal Taguchi L9(33).

No	A Spindel (Rpm)	B Laju Pemakanan (mm/put)	C Kedalaman potong (mm)	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Ra Akhir (μm)
1	255	0.0803	0,2	2,140	2,0183	2,1593	2,10655556
2	255	0,1228	0,5	2,9153	3,0207	3,2070	3,0476667
3	255	0,1700	0,8	3,1583	3,2210	2,8143	3,06455556
4	585	0,0803	0,5	1,9567	1,9567	1,9870	1,96677778

5	585	0,1228	0,8	2,8283	2,8547	3,0077	2,89688889
6	585	0,1700	0,2	3,3230	2,8310	2,7410	2,9650
7	900	0,0803	0,8	2,2613	1,5673	1,8920	1,90688889
8	900	0,1228	0,2	2,5860	1,8167	1,6523	2,01833333
9	900	0,1700	0,5	2,2807	2,2637	3,5890	2,71111111

Setiap nilai kekasaran rata-rata kemudian dihitung nilai *Signal-to-Noise (S/N) Ratio*-nya dengan karakteristik *smaller is better*. Nilai S/N tertinggi (-5.61 dB) diperoleh pada percobaan ke-7, yang sekaligus menunjukkan performa terbaik dalam menghasilkan kekasaran permukaan minimum. Sebaliknya, nilai S/N terendah (-9.73 dB) terjadi pada percobaan ke-3, yang menandakan kombinasi tersebut menghasilkan hasil paling kasar. Hasil lengkap dari perhitungan *S/N ratio*, serta analisis grafik dan kontribusi faktor, disajikan dalam bagian pembahasan.

Pembahasan

Nilai kekasaran permukaan (R_a) yang diperoleh dari hasil eksperimen menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan akibat perubahan parameter pemotongan. Nilai R_a tertinggi diperoleh pada percobaan ke-3, dengan kombinasi putaran spindel 255 rpm, feed rate 0.1700 mm/putaran, dan kedalaman potong 0.8 mm, yang menghasilkan rata-rata kekasaran 3.065 μm . Sebaliknya, nilai kekasaran terendah ditemukan pada percobaan ke-7, yaitu 900 rpm, 0.0803 mm/putaran, dan 0.8 mm, dengan nilai rata-rata 1.907 μm .

Untuk mengidentifikasi kombinasi parameter pemotongan yang paling optimal, dilakukan perhitungan nilai *Signal-to-Noise (S/N) Ratio* dengan karakteristik *smaller is better*, karena nilai R_a yang lebih rendah diinginkan. Nilai **S/N ratio** tertinggi diperoleh pada percobaan ke-7 (-5.61 dB), sedangkan nilai terendah terjadi pada percobaan ke-3 (-9.73 dB). Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi pada percobaan ke-7 memiliki performa terbaik dalam menghasilkan permukaan yang paling halus. Tabel 3 memperlihatkan hasil perhitungan *Signal to Noise Ratio* dan *Mean*.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Rasio Signal to Noise (S/N Ratio) dan Mean

Nomor	S/N Ratio	Means
1	-6,47146	2,10656
2	-9,71096	3,04766
3	-9,72735	3,06456
4	-5,87511	1,96678
5	-9,23864	2,89689
6	-9,44049	2,96500
7	-5,60651	1,90689
8	-6,09986	2,01833
9	-8,66295	2,71111

Berdasarkan perhitungan rata-rata nilai R_a dan S/N ratio pada setiap level faktor, diperoleh informasi menentukan kombinasi parameter pemotongan terbaik. Tabel 4 dan Tabel 5 beserta Gambar. 1 dan dan Gambar. 2 menyajikan perbandingan nilai rata-rata R_a dan nilai rata-rata S/N ratio berdasarkan level parameter.

Tabel 4. Response for Mean

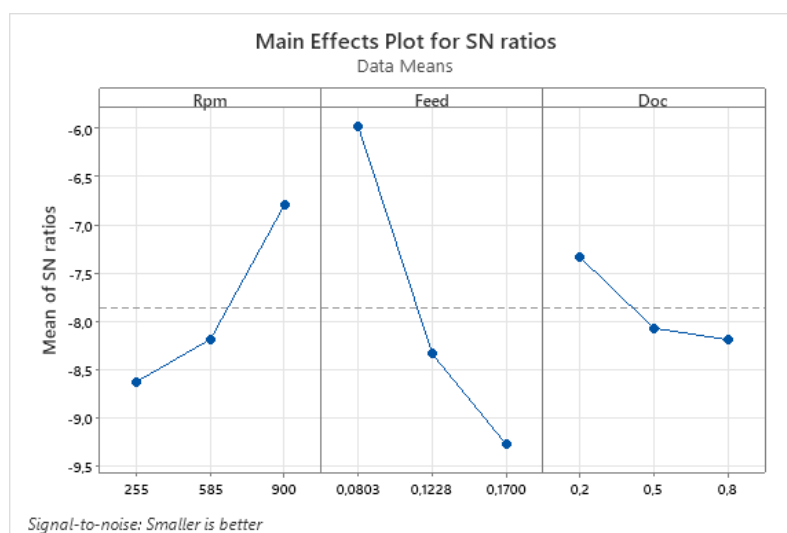
Level	Rpm	Feed	Doc
1	2,740	1,993	2,363
2	2,610	2,654	2,575
3	2,212	2,914	2,623
Delta	0,527	0,920	0,259
Rank	2	1	3



Gambar 1. Grafik Main Effect for Means

Tabel 5 Response Table for Signal to Noise Ratios

Level	Rpm	Feed	Doc
1	-8,626	-5,984	-7,337
2	-8,185	-8,34	-8,072
3	-6,79	-9,277	-8,191
Delta	-1,836	3,293	0,854
Rank	2	1	3



Gambar 2. Grafik Main Effect for Means

Dari table 4 dan 5 di atas, dapat dilihat bahwa laju pemakanan merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, baik dilihat dari rentang nilai Ra (0.920 μm) maupun rentang nilai S/N (3,293 dB). Artinya, perubahan laju pemakanan memiliki dampak paling signifikan terhadap kualitas permukaan dibanding dua faktor lainnya. Sementara itu, putaran spindel menunjukkan pengaruh sedang, di mana peningkatan putaran spindel hingga 900 rpm cenderung menurunkan nilai Ra secara signifikan. Kedalaman pemakanan menunjukkan pengaruh yang relatif kecil, dengan grafik perubahan yang hampir datar, menandakan bahwa dalam rentang 0,2 – 0,8 mm, variasi kedalaman potong tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran. Kombinasi parameter optimal berdasarkan analisis ini adalah: Putaran Spindel: 900 rpm (Level 3); Laju Pemakanan: 0.0803 mm/putaran (Level 1); Kedalaman Pemakanan: 0.2 mm (Level 1). Kombinasi ini diprediksi memberikan kekasaran minimum dengan kestabilan proses yang tinggi.

Grafik *Main Effects Plot* untuk nilai rata-rata kekasaran dan *S/N ratio* juga menunjukkan pola yang serupa. Laju pemakanan memberikan pengaruh terbesar, ditunjukkan oleh kemiringan garis yang paling curam. Semakin tinggi laju pemakanan, semakin tinggi nilai Ra yang dihasilkan. Sementara itu, grafik putaran spindel menunjukkan bahwa peningkatan putaran cenderung menurunkan nilai Ra. Kedalaman pemakanan menunjukkan pengaruh minimal, dengan grafik yang relatif datar. Interpretasi grafik ini konsisten dengan data tabel 4 dan 5 serta mendukung keputusan pemilihan kombinasi parameter optimum yang diperoleh melalui analisis Taguchi.

Hasil analisis varians (ANOVA) digunakan untuk menentukan signifikansi pengaruh setiap faktor pemotongan terhadap kekasaran permukaan (Ra), sekaligus menghitung persentase kontribusinya. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 90% ($\alpha = 0,10$), yang berarti suatu faktor dianggap berpengaruh signifikan jika nilai P-value $\leq 0,10$. disajikan pada Tabel ANOVA dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Analisis of Variance (ANOVA) untuk nilai Mean RA

Source	DoF	Sum of Squares	Mean of Squares	F-Value	P-Value	Contribution
Rpm	2	0,4531	0,22655	3,29	0,233	22,04%
Feed	2	1,3507	0,67533	9,80	0,093	65,69%
Doc	2	0,1145	0,05725	0,83	0,546	5,57%
Error	2	0,1379	0,06893			6,71%
Total	8	2,0561				100,00%

Hasil analisis menunjukkan bahwa laju pemakanan merupakan satu-satunya faktor yang berpengaruh signifikan secara statistik, dengan nilai F sebesar 9.80 dan P-value sebesar 0.093. Dengan kontribusi sebesar 65,69%, laju pemakanan menjadi faktor dominan dalam menentukan nilai kekasaran permukaan. Artinya, perubahan laju pemakanan memberikan dampak paling besar terhadap kualitas permukaan benda kerja. Faktor putaran spindel memberikan kontribusi sebesar 22,04%, namun nilai P-value sebesar 0.233 menunjukkan bahwa faktor ini tidak signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 90%. Meskipun demikian, secara praktis, peningkatan putaran spindel masih menunjukkan tren penurunan nilai Ra dan dapat dianggap relevan dalam pengaturan proses pemrosesan. Sedangkan kedalaman potong memberikan pengaruh terkecil, dengan kontribusi hanya 5,57% dan P-value sebesar 0.546. Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang pemotongan yang digunakan (0,2 – 0,8 mm), perubahan kedalaman pemotongan tidak cukup memengaruhi kualitas permukaan secara langsung.

Nilai galat (*error*) sebesar 6,70% menunjukkan bahwa sebagian besar variasi dalam hasil pengukuran telah berhasil dijelaskan oleh ketiga faktor utama. Ini menandakan bahwa rancangan eksperimen Taguchi L9(3³) yang digunakan cukup baik dalam mengakomodasi variasi respon yang terjadi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa laju pemakanan adalah faktor yang paling signifikan dan perlu dikendalikan secara cermat, sedangkan dua faktor lainnya bersifat pendukung dalam proses optimasi kualitas permukaan pada pembubutan baja AISI 1045. Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian terdahulu. (Yanis et al., 2024) melaporkan bahwa laju pemakanan adalah faktor yang paling memengaruhi kekasaran permukaan dalam proses pembubutan baja karbon. Penurunan nilai Ra seiring dengan meningkatnya putaran spindel juga telah dilaporkan dalam studi serupa, yang menyatakan bahwa kecepatan potong tinggi dapat menghasilkan pemotongan lebih bersih dan stabil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi parameter pemotongan berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan baja AISI 1045. Dari ketiga parameter yang diuji, feed rate (laju pemakanan) memiliki pengaruh paling besar terhadap kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 65,69%, diikuti oleh putaran spindel yang memberikan kontribusi sebesar 22,04%, dan kedalaman potong dengan kontribusi 5,57%. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Taguchi, kombinasi parameter pemotongan terbaik untuk menghasilkan kekasaran permukaan minimum adalah spindel pada 900 rpm, feed rate 0,0803 mm/putaran, dan kedalaman potong 0,2 mm.

Saran

Untuk memastikan keakuratan hasil yang diperoleh, disarankan agar uji konfirmasi (confirmation experiment) dilakukan untuk memvalidasi hasil kombinasi parameter optimum yang telah diprediksi melalui metode Taguchi. Selanjutnya, untuk meningkatkan akurasi dan kelengkapan data, penelitian berikutnya sebaiknya memperhitungkan interaksi antar faktor serta mempertimbangkan penggunaan metode optimasi lanjutan guna memperoleh hasil yang lebih komprehensif. Selain itu, pengukuran parameter tambahan seperti gaya potong, suhu, dan keausan pahat sangat disarankan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang performa pemrosesan. Terakhir, penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan penggunaan bahan atau pahat dengan geometri yang berbeda untuk menguji konsistensi dan generalisasi hasil terhadap berbagai kondisi pemotongan yang lebih variatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdu, H., Mohamed, S., Morad, A., Abd.Elhameed, A. E., & Moustafa, M. (2024). Modeling and Optimization of Process Parameters for Surface roughness and Cutting Forces on End Milling using RSM and Taguchi Method. *Journal of Modern Research (Online)*, 6(1), 14–20. <https://doi.org/10.21608/JMR.2023.218223.1113>
- Aji, A. A., Cesar Putra, F., Badia, B. A., Idris Putra, M., Sahputra, W. P., Darwis, M., & Hasudungan Simanjuntak, R. A. (2025). Analysis of the Effect of Machining Variables on Surface Roughness and Vibration Amplitude in Turning Aisi 1045 Steel Using the Taguchi Method. *PHENOMENON: Multidisciplinary Journal Of Sciences and Research*, 3(1), 53–62. <https://doi.org/10.62668/phenomenon.v3i1.1406>
- Arziul bin Abdullah, M. A., Muhammad, M. A., Ibrahim, Z., Ali, M. Y., & Purbolaksono, J. (2023). Investigation of the turning parameters on the surface finish of an aluminum bar. *Nucleation and Atmospheric Aerosols*, 2643. <https://doi.org/10.1063/5.0112229>
- Budiman, A. Y., Mohruni, A. S., Sharif, S., Firdaus, A., & Nugraha, B. S. (2021). The influence of machining parameters using cryogenic cooling system. *AIP Conference Proceedings*, 2338(1). <https://doi.org/10.1063/5.0070884/1027275>
- Clarkson, D. R., Bull, L. A., Dardeno, T. A., Wickramarachchi, C. T., Cross, E. J., Rogers, T. J., Worden, K., Dervilis, N., & Hughes, A. J. (2023). Sharing Information Between Machine Tools to Improve Surface Finish Forecasting. *Structural Health Monitoring 2023: Designing SHM for Sustainability, Maintainability, and Reliability - Proceedings of the 14th International Workshop on Structural Health Monitoring*, 2879–2888. <https://doi.org/10.12783/shm2023/37063>
- Hoang, B. H. (2023). Optimization of Cutting Parameters for Milling Operation of Aluminum Alloy A6061 using Taguchi method. <https://doi.org/10.15625/VAP.2023.0112>
- Husni Tarmizi, Djunaidi Rita, Pusvyta Yeny, & Aqino Aqino. (2019). ANALISA PENGARUH RADIUS HIDUNG PAHAT TERHADAP NILAI KEKASARAN PADA PEMBUBUTAN BAJA KARBON RENDAH ST-37 | TEKNIKA: Jurnal Teknik. *TEKNIKA*, 6(1). <https://www.teknika-ftiba.info/teknika/index.php/1234/article/view/102?articlesBySameAuthorPage=3#articlesBySameAuthor>
- Kashkool, L. H. (2022). Optimization of Machining Parameters of AISI 1045 Steel for Better Surface Finish and Tool Life Using TiN Coated Carbide Insert. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 29(2), 1–6. <https://doi.org/10.25130/tjes.29.2.1>
- Lubay, A., Afriany, R., Ilmi, B., & Pusvyta, Y. (2024). Failure Analysis of Landing Gear Material. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 10(1), 47. <https://doi.org/10.36055/fwl.v10i1.25418>
- M. Mohammad, H., & Hameed Ibrahim, R. (2017). Effect Of Cutting Parameters On Surface Roughness And Cutting Tool Temperature In Turning AISI 1045 Steel. *University of Thi-Qar Journal for Engineering Sciences*, 8(2), 127–137. <https://doi.org/10.31663/utjes.v8i2.103>
- Moayyedian, M., Mohajer, A., Kazemian, M. G., Mamedov, A., & Derakhshandeh, J. F. (2020). Surface roughness analysis in milling machining using design of experiment. *SN Applied Sciences*, 2(10), 1–9. <https://doi.org/10.1007/S42452-020-03485-5>
- Napid, S., Bakhori, A., Siambaton, Z., Poneni, I. S., & Junaidi, J. (2024). Analysis and Effect of Cutting Parameters on The Surface Roughness of Type 4140 Steel in The Dry Milling Process. *Proceeding of International Conference on Science and Technology UISU.*, 181–187. <https://doi.org/10.30743/FNCCBV93>
- Putra, Y. M., Timuda, G. E., Darsono, N., Chollacoop, N., & Khaerudini, D. S. (2023). Optimization of machining parameters on the surface roughness of aluminum in cnc turning process using taguchi method. *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering and Advanced Materials*, 5(2), 56. <https://doi.org/10.22441/IJIMEAM.V5I2.21679>

- Qasim, A., Nisar, S., Shah, A., Khalid, M. S., & Sheikh, M. A. (2015). Optimization of process parameters for machining of AISI-1045 steel using Taguchi design and ANOVA. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 59, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.08.004>
- Salman, Z. W., & Uгла, A. A. (2020). Effect of Process Parameters on the Surface Quality of Machined Aluminum and Steel Products. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012151>
- Senthil Kumar, K., Senthilkumaar, J. S., & Srinivasan, A. (2013). Reducing surface roughness by optimising the turning parameters. *South African Journal of Industrial Engineering*, 24(2), 78–87. <https://doi.org/10.7166/24-2-593>
- Yakubu, Bello, Yakubu, S. O., & Bello, Y. (2022). Optimization of machining parameters of low carbon steel for turning operation using taguchi analysis. *Nigerian Journal of Tropical Engineering*, 16(1), 1595–5397. <https://doi.org/10.59081/NJTE.16.1.005>
- Yanis, M., Budiman, A. Y., Syaukani, M. M., Mohruni, A. S., Sharif, S., Suhaimi, M. A., & Yuliasari, N. (2024). Optimization of the Surface Roughness of the Milling Process using Al₂O₃ Nanoparticles in MQL Coconut Oil Based on the Taguchi Method. *AIP Conference Proceedings*, 2991(1). <https://doi.org/10.1063/5.0198636>