

Analisis Pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan, dan Kedalaman Potong terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST45 Menggunakan Metode Taguchi

¹Zakharia Wiagonal, ²A.h Sulhan Fauzi, ³Kuni Nadliroh

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *¹zakhariago02@gmail.com, ²sulhanfauzi@unpkediri.ac.id, ³kuninadliroh@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Zakharia Wiagonal

Abstrak—Kekasaran permukaan merupakan parameter penting dalam proses pembubutan karena memengaruhi kinerja dan masa pakai komponen. Baja ST45 banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur sehingga diperlukan pemilihan parameter pemesinan yang tepat untuk memperoleh kualitas permukaan yang optimal. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja ST45 serta menentukan kombinasi parameter terbaik menggunakan metode Taguchi. Eksperimen dilakukan berdasarkan rancangan Orthogonal Array L9, sedangkan analisis data menggunakan Signal to Noise Ratio dan Analysis of Variance. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gerak makan menjadi faktor dominan yang memengaruhi kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 90,21 persen. Kondisi optimum diperoleh pada kecepatan potong 84,8 m/menit, gerak makan 0,05 mm/putaran, dan kedalaman potong 2 mm, yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah. Temuan ini memberikan acuan dalam penentuan parameter pemesinan yang efektif untuk meningkatkan kualitas permukaan baja ST45.

Kata Kunci—Analisis Varians; Baja ST45; Gerak Makan; Kekasaran Permukaan; Metode Taguchi

Abstract—Surface roughness is an important parameter in the turning process because it affects the performance and service life of machined components. ST45 steel is widely used in the manufacturing industry, making the selection of appropriate machining parameters essential to achieve optimal surface quality. This study aims to evaluate the effects of cutting speed, feed rate, and depth of cut on the surface roughness of ST45 steel and to determine the optimal parameter combination using the Taguchi method. The experiments were conducted based on the L9 Orthogonal Array design, while data analysis was performed using the Signal-to-Noise Ratio and Analysis of Variance. The results indicate that feed rate is the most influential factor affecting surface roughness, with a contribution of 90.21%. The optimal condition was obtained at a cutting speed of 84.8 m/min, a feed rate of 0.05 mm/rev, and a depth of cut of 2 mm, resulting in the lowest surface roughness value. These findings provide a useful reference for selecting effective machining parameters to improve the surface quality of ST45 steel.

Keywords—Analysis of Variance, feed rate, surface roughness, ST45 steel, Taguchi method.

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur menuntut peningkatan kualitas produk, efisiensi proses produksi, serta konsistensi hasil pemesinan. Salah satu indikator kualitas yang menjadi perhatian utama adalah kekasaran permukaan karena berhubungan langsung dengan performa komponen, ketahanan aus, kemampuan pelumasan, dan umur pakai produk [1]. Oleh karena itu, pengendalian kualitas permukaan melalui optimasi parameter pemotongan menjadi aspek penting dalam proses manufaktur modern.

Proses pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk menghasilkan komponen berbentuk silindris dengan tingkat ketelitian dimensi yang tinggi. Kualitas permukaan hasil pembubutan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain material benda kerja, geometri pahat, kondisi mesin, serta parameter pemotongan yang digunakan [2]. Parameter yang umum digunakan dalam proses pembubutan meliputi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong. Perubahan nilai parameter tersebut dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kualitas permukaan yang dihasilkan.

Kekasaran permukaan merupakan karakteristik penting yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil pemesinan. Permukaan yang memiliki tingkat kekasaran tinggi dapat meningkatkan gesekan, mempercepat keausan, dan menurunkan umur pakai komponen. Sebaliknya, permukaan yang lebih halus mampu meningkatkan efisiensi kerja komponen dan memperbaiki kualitas produk secara keseluruhan [3].

Baja ST45 merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam industri manufaktur karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan yang memadai [4]. Material ini banyak diaplikasikan pada pembuatan poros, roda gigi, pin, dan berbagai komponen mesin lainnya. Meskipun memiliki kemampuan pemesinan yang baik, kualitas permukaan hasil pembubutan baja ST45 tetap dipengaruhi oleh parameter pemotongan yang digunakan [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan metode Taguchi untuk mengoptimasi parameter pemesinan. Putra dkk. [6] menunjukkan bahwa metode Taguchi efektif dalam menentukan kombinasi parameter optimum pada proses CNC turning aluminium. Rifelino dkk. [7] melaporkan bahwa metode Taguchi dapat digunakan untuk memperoleh kombinasi parameter pemotongan yang menghasilkan kualitas permukaan lebih baik pada proses CNC turning. Azadar dkk. [8] menunjukkan bahwa metode Taguchi mampu mengoptimalkan parameter pembubutan sehingga diperoleh nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah. Zhujani dkk. [9] menerapkan pendekatan Taguchi dan Grey Relational Analysis untuk mengoptimalkan beberapa karakteristik performa pada proses pembubutan CNC material Inconel 718 serta mengidentifikasi parameter pemotongan yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pemesinan. Selain itu, Ramana dkk. [10] melaporkan bahwa metode Taguchi efektif digunakan untuk mengoptimalkan kekasaran permukaan dan keausan pahat pada proses pembubutan material berbasis paduan nikel.

Meskipun penelitian terkait optimasi parameter pemotongan telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian berfokus pada material selain baja ST45 atau menggunakan mesin CNC. Penelitian mengenai optimasi parameter pembubutan baja ST45 pada mesin bubut konvensional masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja ST45 menggunakan metode Taguchi.

Penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan metode Taguchi Orthogonal Array L9 untuk menentukan parameter pemotongan optimum pada proses pembubutan baja ST45 menggunakan

mesin bubut konvensional. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan, menentukan faktor yang paling dominan, serta memperoleh kombinasi parameter optimum yang menghasilkan kualitas permukaan terbaik

II. METODE

1. Material dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan baja karbon ST45 sebagai material benda kerja. Spesimen berbentuk silinder dengan diameter 30 mm dan panjang 100 mm. Proses pembubutan dilakukan menggunakan mesin bubut konvensional Tengzhou Luzhong Machine Tool dengan pahat karbida sebagai alat potong. Pengukuran dimensi benda kerja dilakukan menggunakan jangka sorong, sedangkan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Peralatan dan Bahan	Keterangan
1	Mesin bubut konvensional	Tengzhou Luzhong Machine Tool
2	Pahat potong	Karbida
3	Surface Roughness Tester	Mitutoyo SJ-210
4	Jangka sorong	Pengukuran dimensi
5	Benda kerja	Baja ST45

2. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga parameter pemotongan sebagai variabel bebas, yaitu kecepatan potong (V_c), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a_p). Variabel terikat yang diamati adalah nilai kekasaran permukaan (R_a). Penentuan level parameter pemotongan dilakukan berdasarkan kemampuan mesin dan kebutuhan penelitian. Faktor dan level penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor dan Level Penelitian

Faktor	Simbol	Level 1	Level 2	Level 3
Kecepatan potong (m/min)	V_c	42,4	66,9	84,8
Gerak makan (mm/rev)	f	0,05	0,1	0,3
Kedalaman potong (mm)	a_p	1	1,5	2

Kecepatan potong diperoleh dari variasi putaran spindle sebesar 450 rpm, 710 rpm, dan 900 rpm dengan diameter benda kerja 30 mm.

3. Rancangan Eksperimen Metode Taguchi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi. Metode Taguchi dipilih karena mampu mengurangi jumlah percobaan tanpa mengurangi kualitas analisis hasil penelitian.

Dengan menggunakan metode ini, pengaruh setiap faktor terhadap respon dapat dianalisis secara efektif melalui pendekatan Orthogonal Array dan Signal to Noise Ratio.

Penelitian menggunakan Orthogonal Array L9 (3³) karena terdapat tiga faktor yang masing-masing memiliki tiga level. Rancangan eksperimen ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Orthogonal Array L9

Percobaan	Vc	f	ap
1	42,4 m/min	0,05 mm/rev	1 mm
2		0,1 mm/rev	1,5 mm
3		0,3 mm/rev	2 mm
4	66,9 m/min	0,05 mm/rev	1,5 mm
5		0,1 mm/rev	2 mm
6		0,3 mm/rev	1 mm
7	84,8 mm/rev	0,05 mm/rev	2 mm
8		0,1 mm/rev	1 mm
9		0,3 mm/rev	1,5 mm

Setiap kombinasi parameter digunakan untuk melakukan proses pembubutan pada spesimen baja ST45, kemudian dilakukan pengukuran kekasaran permukaan pada hasil pembubutan.

4. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

- Menyiapkan material baja ST45 dengan diameter 30 mm dan panjang 100 mm.
- Menyiapkan mesin bubut konvensional, pahat karbida, dan alat ukur yang digunakan.
- Menentukan kombinasi parameter pemotongan berdasarkan Orthogonal Array L9.
- Melakukan proses pembubutan sesuai kombinasi parameter yang telah ditentukan.
- Mengukur nilai kekasaran permukaan menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210.
- Mencatat seluruh hasil pengukuran kekasaran permukaan.
- Mengolah data menggunakan metode Taguchi.
- Melakukan analisis Signal to Noise Ratio dan Analysis of Variance (ANOVA).
- Menentukan parameter pemotongan optimum berdasarkan hasil analisis.

5. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan karakteristik kualitas *Smaller is Better*, karena tujuan penelitian adalah memperoleh nilai kekasaran permukaan sekecil mungkin. Nilai Signal to Noise Ratio dihitung menggunakan persamaan:

$$S / N = -\log \sum_{i=1}^n y_i^2 \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

S/N = Signal to Noise Ratio (dB)

n = jumlah pengamatan

y = nilai respon kekasaran permukaan

Setelah diperoleh nilai S/N Ratio, dilakukan analisis menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* untuk mengetahui kontribusi masing-masing faktor terhadap perubahan nilai kekasaran

permukaan. Faktor dengan kontribusi terbesar dianggap sebagai faktor yang paling dominan memengaruhi kualitas permukaan hasil pembubutan. Kombinasi parameter optimum ditentukan berdasarkan nilai rata-rata respon dan nilai Signal to Noise Ratio tertinggi pada setiap level faktor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

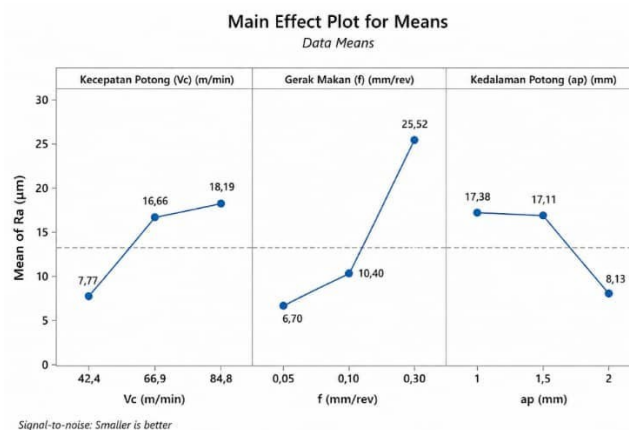
Pengujian kekasaran permukaan dilakukan pada baja ST45 menggunakan sembilan kombinasi parameter pemotongan berdasarkan rancangan Orthogonal Array L9 metode Taguchi. Parameter yang divariasikan meliputi kecepatan potong (V_c), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a_p). Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210 setelah proses pembubutan selesai dilakukan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan berada pada rentang $5,65 \mu\text{m}$ hingga $37,27 \mu\text{m}$. Nilai kekasaran terendah diperoleh pada kombinasi kecepatan potong $84,8 \text{ m/min}$, gerak makan $0,05 \text{ mm/rev}$, dan kedalaman potong 2 mm . Sementara itu, nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada kombinasi kecepatan potong $84,8 \text{ m/min}$, gerak makan $0,30 \text{ mm/rev}$, dan kedalaman potong $1,5 \text{ mm}$. Variasi nilai tersebut menunjukkan bahwa parameter pemotongan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan.

Tabel 4. *Response Table for Means*

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3	Delta	Rank
Vc	7,77	16,66	18,19	10,42	2
f	6,7	10,4	25,52	18,82	1
ap	17,38	17,11	8,13	9,25	3

Berdasarkan nilai delta pada Tabel 4, faktor gerak makan memiliki nilai delta terbesar yaitu $18,82$ sehingga menempati peringkat pertama. Kecepatan potong berada pada urutan kedua dengan nilai delta $10,42$, sedangkan kedalaman potong memiliki nilai delta terkecil yaitu $9,25$. Hasil ini menunjukkan bahwa gerak makan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.



Gambar 1. Main Effect Plot for Means

2. Pengaruh Kecepatan Potong terhadap Kekasaran Permukaan

Kecepatan potong merupakan salah satu parameter penting dalam proses pembubutan karena memengaruhi pembentukan geram, temperatur pemotongan, serta kondisi kontak antara pahat dan benda kerja. Berdasarkan hasil analisis rata-rata respon, peningkatan kecepatan potong cenderung meningkatkan nilai kekasaran permukaan.

Pada kecepatan potong 42,4 m/min diperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan sebesar 7,77 μm . Nilai tersebut meningkat menjadi 16,66 μm pada kecepatan potong 66,9 m/min dan mencapai 18,19 μm pada kecepatan potong 84,8 m/min. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan potong pada rentang penelitian belum mampu menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik.

Berdasarkan hasil analisis varians, kecepatan potong memberikan kontribusi sebesar 6,52% terhadap perubahan kekasaran permukaan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kecepatan potong berpengaruh terhadap kualitas permukaan, namun pengaruhnya relatif lebih kecil dibandingkan faktor gerak makan.

3. Pengaruh Gerak Makan terhadap Kekasaran Permukaan



Gambar 2. Grafik Pengaruh Gerak Makan terhadap Kekasaran Permukaan

Gerak makan merupakan parameter yang secara langsung menentukan jarak perpindahan pahat pada setiap putaran benda kerja. Oleh karena itu, perubahan nilai gerak makan sangat berpengaruh terhadap bentuk geometris permukaan hasil pembubutan.

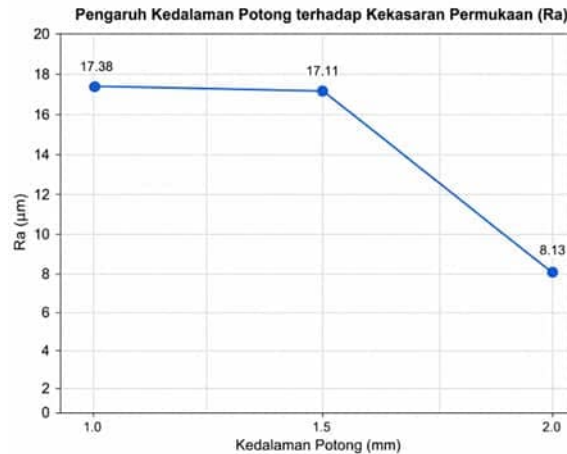
Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan gerak makan menyebabkan kenaikan nilai kekasaran permukaan yang cukup signifikan. Pada gerak makan 0,05 mm/rev diperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan sebesar 6,70 μm . Nilai tersebut meningkat menjadi 10,40 μm pada gerak makan 0,10 mm/rev dan mencapai 25,52 μm pada gerak makan 0,30 mm/rev.

Semakin besar nilai gerak makan yang digunakan, semakin besar pula jarak antar jejak pahat yang terbentuk pada permukaan benda kerja. Akibatnya, profil permukaan menjadi lebih kasar dan nilai kekasaran meningkat. Hasil ini diperkuat oleh analisis ANOVA yang menunjukkan bahwa gerak makan memiliki kontribusi sebesar 90,21% terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.

Persentase kontribusi yang sangat dominan tersebut menunjukkan bahwa gerak makan merupakan faktor utama yang menentukan kualitas permukaan hasil pembubutan baja ST45. Oleh

karena itu, penggunaan gerak makan yang rendah lebih direkomendasikan apabila tujuan proses adalah memperoleh permukaan yang lebih halus.

4. Pengaruh Kedalaman Potong terhadap Kekasaran Permukaan



Gambar 3. Pengaruh Kedalaman Potong terhadap Kekasaran Permukaan

Kedalaman potong menunjukkan besarnya material yang disayat oleh pahat dalam satu kali lintasan pemotongan. Berdasarkan hasil analisis, nilai rata-rata kekasaran permukaan pada kedalaman potong 1 mm dan 1,5 mm masing-masing sebesar 17,38 μm dan 17,11 μm , sedangkan pada kedalaman potong 2 mm mengalami penurunan menjadi 8,13 μm .

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini, peningkatan kedalaman potong hingga 2 mm justru menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dibandingkan level lainnya. Meskipun demikian, pengaruh kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan relatif kecil dibandingkan faktor gerak makan.

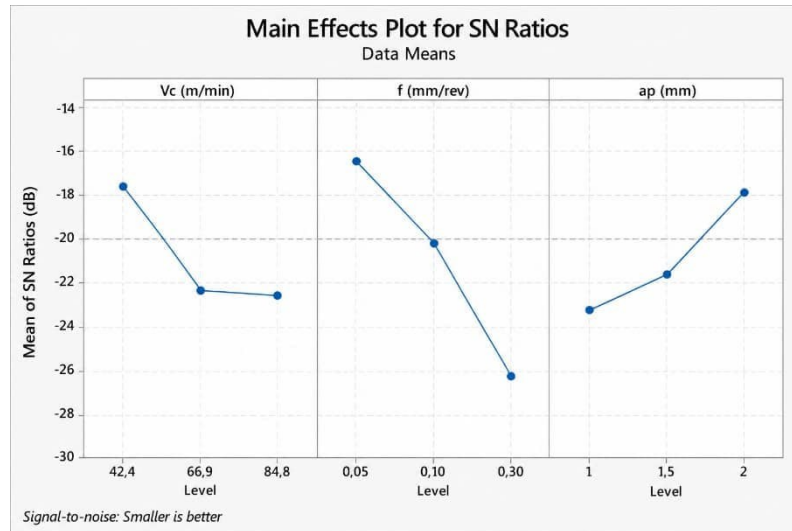
Analisis ANOVA menunjukkan bahwa kedalaman potong hanya memberikan kontribusi sebesar 3,27% terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan. Nilai tersebut merupakan kontribusi terkecil dibandingkan faktor lainnya sehingga dapat disimpulkan bahwa kedalaman potong bukan faktor dominan dalam menentukan kualitas permukaan pada penelitian ini.

5. Analisis Signal to Noise Ratio

Metode Taguchi menggunakan Signal to Noise Ratio untuk menentukan kombinasi parameter optimum yang mampu menghasilkan respon terbaik dengan variasi yang minimum. Karakteristik kualitas yang digunakan pada penelitian ini adalah Smaller is Better karena tujuan penelitian adalah memperoleh nilai kekasaran permukaan sekecil mungkin.

Tabel 5. Response Table for Signal to Noise Ratios

Level	Vc	f	ap
1	-17,79	-16,4	-23,29
2	-22,42	-20,21	-21,72
3	-22,6	-26,2	-17,8
Delta	4,81	9,8	5,49
Rank	3	1	2



Gambar 4. Main Effect Plot for Signal to Noise Ratios

Berdasarkan nilai Signal to Noise Ratio, faktor gerak makan kembali menunjukkan pengaruh terbesar dengan nilai delta sebesar 9,80. Kedalaman potong berada pada urutan kedua dengan nilai delta sebesar 5,49, sedangkan kecepatan potong berada pada urutan ketiga dengan nilai delta sebesar 4,81. Pada karakteristik Smaller is Better, nilai Signal to Noise Ratio tertinggi menunjukkan kondisi optimum. Oleh karena itu, kombinasi parameter optimum diperoleh pada kecepatan potong Level 1 (42,4 m/min), gerak makan Level 1 (0,05 mm/rev), dan kedalaman potong Level 3 (2 mm).

6. Analisis Varians (ANOVA)

Analisis varians dilakukan untuk mengetahui tingkat kontribusi masing-masing parameter pemotongan terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.

Tabel 6. Hasil ANOVA

Faktor	Kontribusi (%)
Gerak makan (f)	90,21
Kecepatan potong (Vc)	6,52
Kedalaman potong (ap)	3,27

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa gerak makan merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 90,21%. Sementara itu, kecepatan potong dan kedalaman potong hanya memberikan kontribusi sebesar 6,52% dan 3,27%.

Besarnya kontribusi gerak makan menunjukkan bahwa perubahan nilai feed rate memberikan pengaruh langsung terhadap pembentukan profil permukaan hasil pembubutan. Oleh karena itu, pengendalian gerak makan menjadi aspek utama dalam upaya memperoleh kualitas permukaan yang lebih baik pada proses pembubutan baja ST45.

7. Penentuan Parameter Optimum

Berdasarkan hasil analisis rata-rata respon, Signal to Noise Ratio, dan ANOVA, kombinasi parameter pemotongan optimum yang direkomendasikan untuk menghasilkan kekasaran permukaan minimum adalah:

- a) Kecepatan potong (V_c) = 42,4 m/min
- b) Gerak makan (f) = 0,05 mm/rev
- c) Kedalaman potong (a_p) = 2 mm

Kombinasi parameter tersebut dipilih karena menghasilkan nilai Signal to Noise Ratio tertinggi sehingga diprediksi mampu menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dan lebih konsisten dibandingkan kombinasi parameter lainnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimasi parameter pemotongan pada proses pembubutan baja ST45 menggunakan metode Taguchi, dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai kekasaran permukaan. Analisis dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan pendekatan Signal to Noise Ratio dan Analysis of Variance untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh serta kombinasi parameter pemotongan yang optimum. Adapun kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan potong (V_c) berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pembubutan baja ST45. Peningkatan kecepatan potong dari 42,4 m/min menjadi 84,8 m/min cenderung meningkatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan. Berdasarkan hasil ANOVA, kecepatan potong memberikan kontribusi sebesar 6,52% terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.
2. Gerak makan (f) merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan. Peningkatan gerak makan dari 0,05 mm/rev menjadi 0,30 mm/rev menyebabkan peningkatan nilai kekasaran permukaan yang signifikan. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa gerak makan memiliki kontribusi sebesar 90,21%, sehingga menjadi faktor utama yang menentukan kualitas permukaan hasil pembubutan baja ST45.
3. Kedalaman potong (a_p) memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap kekasaran permukaan dibandingkan parameter lainnya. Berdasarkan hasil ANOVA, kontribusi kedalaman potong terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan sebesar 3,27%.
4. Berdasarkan analisis Signal to Noise Ratio dengan karakteristik kualitas Smaller is Better, kombinasi parameter pemotongan optimum diperoleh pada kecepatan potong 42,4 m/min, gerak makan 0,05 mm/rev, dan kedalaman potong 2 mm. Kombinasi parameter tersebut direkomendasikan untuk menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik pada proses pembubutan baja ST45 menggunakan mesin bubut konvensional.
5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian gerak makan merupakan faktor yang paling efektif untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan yang rendah. Oleh karena itu, pemilihan gerak makan yang tepat perlu menjadi perhatian utama dalam proses pembubutan baja ST45 guna meningkatkan kualitas produk hasil pemesinan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada dosen pembimbing, Program Studi Teknik Mesin, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan selama proses penelitian. Dukungan tersebut sangat berarti dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. V. Abellán-Nebot, C. Vila Pastor, and H. R. Siller, “A Review of the Factors Influencing Surface Roughness in Machining and Their Impact on Sustainability,” Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/su16051917.
- [2] A. Fauzi and W. Sumbodo, “Pengaruh Parameter Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan ST 40 pada Mesin Bubut CNC,” 2021. [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/2049>
- [3] J. M. Valentino *et al.*, “Enhancing S45c Steel for The Primary Component of An Automatic Coupler Using Quench-Tempering Techniques,” *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 22, no. 1, pp. 215–222, 2024, doi: 10.5937/jaes0-43988.
- [4] F. Paliling and Y. M. Rombeallo, “Analisa Pengaruh Putaran Mesin Dan Gerak Makan Pada Mesin Bubut Konvensional Terhadap Kekasaran Baja Karbon ST 45 Menggunakan Metode Taguchi,” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 21, no. 2, pp. 301–307, Oct. 2023, doi: 10.31963/sinergi.v21i2.4261.
- [5] Y. M. Putra, G. E. Timuda, N. Darsono, N. Chollacoop, and D. S. Khaerudini, “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*, vol. 5, no. 2, p. 56, Dec. 2023, doi: 10.22441/ijimeam.v5i2.21679.
- [6] A. S. Sobh, E. M. Sayed, A. F. Barakat, and R. N. Elshaerr, “Turning parameters optimization for TC21 Ti-alloy using Taguchi technique,” *Beni. Suef. Univ. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 12, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s43088-023-00356-x.
- [7] R. Rifelino, B. Rahim, and E. Indrawan, “Optimization of CNC Turning Parameters Using Taguchi Method,” *Teknomekanik*, vol. 4, no. 1, pp. 42–48, May 2021, doi: 10.24036/teknomekanik.v4i1.11072.
- [8] Azadar Mehdi, “Optimize The Turning Parameter Using Taguchi Methodology,” *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol.*, pp. 278–285, Feb. 2022, doi: 10.32628/ijrst218553.
- [9] F. Zhujani, F. Abdullahu, G. Todorov, and K. Kamberov, “Optimization of Multiple Performance Characteristics for CNC Turning of Inconel 718 Using Taguchi–Grey Relational Approach and Analysis of Variance,” *Metals (Basel)*, vol. 14, no. 2, Feb. 2024, doi: 10.3390/met14020186.
- [10] M. V. Ramana, G. K. Mohana Rao, B. Sagar, R. K. Panthangi, and B. V. R. Ravi Kumar, “Optimization of surface roughness and tool wear in sustainable dry turning of Iron based Nickel A286 alloy using Taguchi’s method,” *Clean. Eng. Technol.*, vol. 2, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.clet.2020.100034.