

Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi

Ander Farehan¹, Husman^{1*}, Novitasari¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : husmanamat@gmail.com

Received : 7 Desember 2023; Received in revised form : 4 Februari 2024;

Accepted : 13 Februari 2024

Abstract

Along with customer demand, the manufacturing industry must improve the quality of its products. In addition to product quality, environmental, safety, and health and welfare considerations also have a significant impact on the manufacturing business. One of the products of the manufacturing industry is a shaft which in its manufacture refers to the level of surface roughness. To minimize the surface roughness of the workpiece because of CNC lathe machining, coolant can be used. One of them is using coolant from vegetable oil. Vegetable oil is known as an ecologically acceptable and safe cooling medium for use in manufacturing operations. So, a study was conducted to determine the surface roughness value of the workpiece (AISI 1045 steel) using 2 types of vegetable oil as a cooling medium (coconut oil and palm oil). Taguchi's experimental design was used in this study. Based on the measurement results, the surface roughness value of AISI 1045 steel with palm oil coolant is 1.614 μm , and coconut oil is 1.554 μm . The coconut oil coolant type can optimize the minimum AISI 1045 steel surface roughness value with a value of 1,554 μm at a cutting speed of 1273 rpm, a depth of cut of 0.50 mm, and a cutting motion of 0.16 mm/put.

Keywords: AISI 1045; CNC; Surface roughness; Taguchi.

Abstrak

Seiring dengan permintaan pelanggan, industri manufaktur harus meningkatkan kualitas produknya. Selain kualitas produk, pertimbangan lingkungan, keselamatan, serta kesehatan dan kesejahteraan juga memiliki dampak yang signifikan terhadap bisnis manufaktur. Salah satu produk dari industri manufaktur adalah poros yang mana didalam pembuatannya beracuan pada tingkat kekasaran permukaan. Untuk meminimalkan kekasaran permukaan benda kerja sebagai hasil pemesinan bubut CNC dapat digunakan cairan pendingin. Salah satunya adalah menggunakan cairan pendingin dari minyak nabati. Minyak nabati dikenal sebagai media pendingin yang dapat diterima secara ekologis dan aman untuk digunakan dalam operasi manufaktur. Sehingga dilakukanlah penelitian untuk menentukan nilai kekasaran permukaan benda kerja (baja AISI 1045) dengan menggunakan 2 jenis minyak nabati sebagai media pendingin (minyak kelapa dan minyak sawit). Desain eksperimen taguchi digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan cairan pendingin minyak sawit sebesar 1.614 μm , dan minyak kelapa sebesar 1.554 μm . Jenis pendingin minyak kelapa dapat mengoptimalkan nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 minimum dengan nilai 1.554 μm pada kecepatan potong sebesar 1273 rpm, kedalaman potong sebesar 0,50 mm, dan gerak potong sebesar 0,16 mm/put.

Kata kunci: AISI 1045; CNC; Kekasaran permukaan; Taguchi.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah menghasilkan beberapa mesin yang lebih

presisi dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dalam sistem semi otomatis. Hal ini memudahkan tenaga kerja manusia untuk

memberikan hasil yang lebih baik dan efisien[1]. Mesin bubut CNC merupakan salah satu dari sistem produksi pada pemesinan yang banyak dioperasikan dalam dunia industri manufaktur. Salah satu keunggulan mesin CNC bubut yaitu kemampuannya yang dapat membuat komponen-komponen mesin berkualitas tinggi, dengan ukuran yang tepat dan presisi[2].

Kekasaran permukaan yang halus pada benda kerja selama proses pemesinan harus dicapai, karena kualitas pengerjaan benda kerja meningkat dengan berkurangnya tingkat kekasaran benda kerja[3]. Salah satu parameter yang berperan dalam mengurangi kekasaran permukaan pada proses bubut CNC adalah cairan pendingin. Cairan pendingin atau biasa disebut (dromus) dapat menurunkan panas dan mengurangi gaya gesek, sehingga memperpanjang masa pakai pahat potong serta dapat mengurangi tingkat kekasaran permukaan benda kerja [4].

Berdasarkan hasil observasi pada salah satu bengkel yang mengoperasikan mesin bubut, menginformasikan bahwa cairan pendingin yang digunakan adalah campuran minyak oli dengan air. Kemudian hasil penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan cairan pendingin berbahan oli dicampur air menghasilkan nilai kekasaran permukaan pada baja yang berjenis AISI 1045 minimal 1,233 dengan parameter kecepatan potong 1.273, kedalaman potong 1 mm, dan kecepatan makan 0,16 mm/put ([5].

Penggunaan cairan pendingin dalam proses permesinan pada industri dapat berdampak buruk terhadap lingkungan, limbah cairan pendingin yang dibuang secara tidak tepat dapat membahayakan ekosistem dan kesehatan masyarakat umum[6].

Minyak nabati adalah salah satu jenis cairan pendingin yang tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan ramah lingkungan, maka minyak nabati merupakan bahan yang baik untuk operasi pemesinan. Penelitian telah dilakukan mengenai manfaat penggunaan minyak nabati tertentu, termasuk minyak wijen, minyak kelapa,

kelapa sawit, dan zaitun. Minyak kelapa bekerja dengan baik sebagai cairan pendingin untuk baja tahan karat dibandingkan dengan minyak lainnya[7].

Kekasaran permukaan benda kerja berupa baja ST 41 dipengaruhi oleh jenis media pendingin, sesuai dengan temuan uji kekasaran yang dilakukan. Dengan nilai kekasaran $5,21 \mu\text{m}$, media pendingin yang terbuat dari minyak goreng sawit menghasilkan jumlah kekasaran permukaan yang paling rendah pada benda kerja, sehingga menjadi media yang paling tepat[8]. Pengaruh cairan pendingin berupa minyak sayur memiliki persentase sebesar 70% terhadap kekasaran permukaan baja SS-400 yang telah dilakukan pembubutan [9].

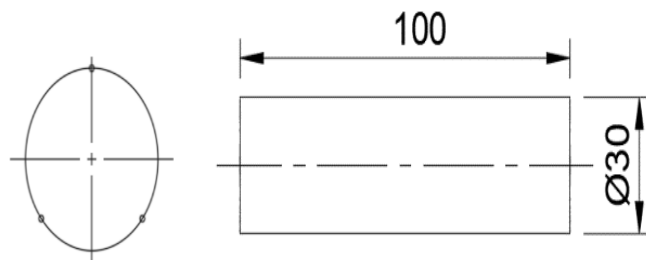
Dalam penelitian ini, digunakanlah minyak sawit dan minyak kelapa untuk dijadikan cairan pendingin. Keduanya digunakan sebagai cairan pendingin terhadap proses pembubutan CNC untuk dilihat tingkat kekasaran yang dihasilkan. Penggunaan minyak kelapa dan sawit sebagai cairan pendingin sudah diteliti pada proses pemesinan freis. Kesimpulan dari penelitian menyatakan bahwa kedua minyak nabati tersebut terbukti dapat bekerja sebagai bahan cairan pendingin yang digunakan dalam proses pemesinan[10]. Namun belum pernah diteliti pada proses bubut CNC. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian tentang "Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Aisi 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi".

2. METODE PENELITIAN

Analisis varian taguchi adalah metode analisis data hasil pengujian yang telah tersusun dalam perencanaan suatu eksperimen melalui statistik. Analisis varian digunakan dengan metode penguraian setiap total parameter yang akan diteliti.

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan material yang dipakai dalam melakukan penelitian yaitu baja AISI 1045 dengan ukuran benda kerja $\varnothing 30 \times 100$ mm. Gambar 1 menunjukkan ukuran benda kerja yang digunakan.



Gambar 1. Ukuran baja AISI 1045

1. Pahat potong dalam penelitian ini menggunakan *insert carbide* merk *Mitsubishi type CNMG 120408-MA*.

Gambar 2 menunjukkan pahat yang digunakan.



Gambar 2. Pahat potong *insert carbide* mitsubishi CNMG 120408-MA

2. Bahan media pendingin yang digunakan pada saat proses pemesinan adalah minyak sawit dan

minyak kelapa, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Media pendingin minyak sawit dan minyak kelapa

2.2 Peralatan penelitian

1. Mesin bubut CNC MORI SEIKI tipe

SL-25 digunakan untuk penelitian ini. Gambar 4 menunjukkan mesin bubut CNC yang digunakan.



Gambar 4. Mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25

2. *Surface Roughness Tester* merk *mitotuyo* type *SJ-210* digunakan

sebagai alat uji kekasaran permukaan seperti Gambar 5.



Gambar 5. *Surface roughness tester* Mitotuyo SJ-210

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yaitu diawali dengan mencari referensi atau studi literatur, persiapan alat dan bahan, rancangan percobaan (penentuan parameter dan level), proses pemesinan, pengambilan data hasil

pemesinan, metode analisis, hasil dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan. Rancangan percobaan dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter proses dan level

No	Parameter	Level	
		1	2
1	Kedalaman Potong (mm)	0.50	1
2	Gerak Potong (mm/put)	0.2	0.16
3	Jenis Pendingin	Minyak Sawit	Minyak Kelapa

2.2.1. Menghitung S/N Rasio *Smaller is Better*

Perhitungan S/N rasio adalah desain yang digunakan untuk memilih komponen yang berkontribusi pada penurunan respons kekasaran permukaan, yang mengubah data menjadi angka yang merepresentasikan tingkat variasi yang berkembang. Nilai rasio S/N ditentukan oleh kriteria kualitas dari masing-masing respon. Pada penelitian ini, S/N rasio dihitung untuk mengetahui respon kekasaran permukaan dengan pilihan kualitas yaitu semakin kecil tingkat kekasaran maka semakin baik (*Small is Better*). Berikut persamaan 1 yang digunakan menghitung S/N rasio.

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

2.2.2. ANOVA dan persen kontribusi

Pengaruh parameter yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dapat diketahui dengan menggunakan ANOVA. Sedangkan untuk mengetahui berapa persen besar kontribusi terhadap parameter dapat menggunakan persen kontribusi. Perhitungan SS' faktor seperti pada persamaan 2.

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B \dots \dots \dots (2)$$

Berikut persamaan 3 yang digunakan untuk perhitungan persen kontribusi.

$$\rho_A = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dengan nilai kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil penelitian

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			
	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis pendingin	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	0,50	0,2	Minyak sawit	2.276	1.742	1.316	1.778
2	0,50	0,2	Minyak kelapa	1.859	1.774	1.228	1.621
3	0,50	0,16	Minyak sawit	0.890	1.122	1.323	1.112
4	0,50	0,16	Minyak kelapa	1.048	1.849	1.821	1.573
5	1	0,2	Minyak sawit	1.065	2.356	1.860	1.760
6	1	0,2	Minyak kelapa	1.072	1.090	1.692	1.285
7	1	0,16	Minyak sawit	1.927	2.207	1.279	1.804
8	1	0,16	Minyak kelapa	1.613	1.885	1.714	1.737
Rata-rata							1.584

3.1. Nilai S/N Rasio Terhadap Parameter Respon

Hasil perhitungan S/N rasio untuk respons yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan S/N rasio terhadap respon

No	Parameter Pemesinan			SNRA2
	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis pendingin	
1	0,50	0,2	Minyak sawit	-5.205532
2	0,50	0,2	Minyak kelapa	-4.3195
3	0,50	0,16	Minyak sawit	-1.028124
4	0,50	0,16	Minyak kelapa	-4.16815
5	1	0,2	Minyak sawit	-5.29112
6	1	0,2	Minyak kelapa	-2.388944
7	1	0,16	Minyak sawit	-5.323304
8	1	0,16	Minyak kelapa	-4.815759
Rata-rata				-4.067554

Kemudian hasil S/N Rasio yang didapatkan pada Tabel 4 dijadikan patokan untuk menentukan S/N rasio terhadap

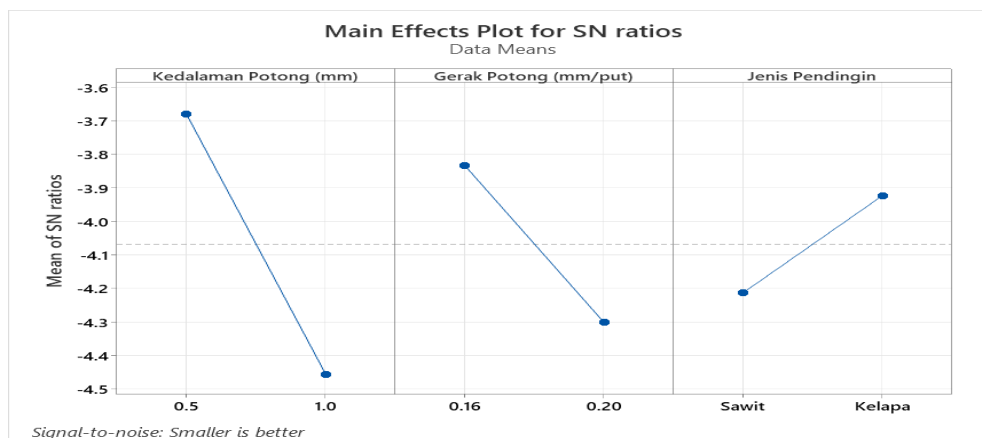
parameter rata-rata kekasaran terhadap tiap-tiap level dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Respon S/N rasio parameter terhadap rata-rata

Level	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis Pendingin
1	-3.680	-3.834	-4.212
2	-4.455	-4.301	-3.923
Delta	0.774	0.467	0.289
Rank	1	2	3

Peringkat atau rangking yang berpengaruh paling besar kepada respon kekasaran permukaan dapat diketahui dengan menggunakan rasio S/N Tabel 5 dari setiap parameter pada setiap level terhadap respon. Kedalaman potong paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, selisih nilai sebesar 0,774, gerak

potong dengan selisih nilai sebesar 0,467, dan jenis pendingin memiliki pengaruh paling kecil, dengan selisih nilai sebesar 0,289. Jika diinterpretasi dalam bentuk grafik, maka rata-rata kekasaran permukaan setiap level untuk setiap parameter terhadap nilai rata-rata ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Plot S/N rasio terhadap respon kekasaran permukaan

3.2. Parameter proses untuk respon optimal

Tabel 6 menunjukkan kombinasi parameter proses yang sesuai untuk mendapatkan respon terbaik.

Tabel 6. Kombinasi parameter proses dengan respon optimal		
Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kedalaman Potong	Level 1	0,5 mm
Gerak Potong	Level 2	0,16
Jenis Pendingin	Level 2	Minyak Kelapa

Berdasarkan Tabel 6, Proses pemesian bubut CNC dengan benda kerja baja AISI 1045 dapat dioptimalkan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan minimum sebesar 1.554 μm pada kecepatan

potong tetap sebesar 1273 rpm dengan cara memvariasikan parameter kedalaman potong sebesar 0,50 mm (faktor A level 1), gerak potong sebesar 0,16 mm/put (faktor B level 2), dan jenis pendingin minyak kelapa (faktor C level 2).

3.3. Hasil analisis varian rasio S/N

Tabel 7 menampilkan analisis varians untuk dampak setiap parameter pada kekasaran permukaan.

Tabel 7. Hasil analisis varian

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	F-Tabel
Kedalaman Potong (mm)	1	1.1996	1.1996	1.1996	3.61	161,4
Gerak Potong (mm/put)	1	0.4370	0.4370	0.4370	1.31	161,4

Jenis Pendingin	1	0.1670	0.1670	0.1670	0.50	161,4
Kedalaman Potong (mm)*	1	5.7592	5.7592	5.7592	17.31	
Gerak Potong (mm/put)						
Kedalaman Potong (mm)*	1	4.0097	4.0097	4.0097	12.05	
Jenis Pendingin						
Gerak Potong (mm/put)*	1	5.1532	5.1532	5.1532	15.49	
Jenis Pendingin						
Residual Error	1	0.3327	0.3327	0.3327		
Total	7	17.0583				
S = 0.5768		R-Sq = 98.05%		R-Sq(adj) = 86.35%		

Nilai F-Tabel yang digunakan yaitu untuk taraf signifikansi 0,05 sebesar 161,4 sehingga nilai F-Test yang terdapat pada Tabel 7 untuk kedalaman potong (3,61), gerak potong (1,31), dan jenis pendingin (0,50) sehingga lebih rendah terhadap nilai F-Tabel. Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga faktor tersebut tidak berpengaruh

terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1045. Ada faktor lain yang menentukan kekasaran permukaan yang optimal. Namun ketiga faktor tetap memiliki persen kontribusi terhadap kekasaran permukaan baja walaupun persentasenya tidak besar untuk tiap parameter.

3.4. Persen Kontribusi

Pada Tabel 8 menampilkan temuan persentase kontribusi dari masing-masing parameter untuk perhitungan rasio S/N. Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa

kedalaman potong memiliki kontribusi paling besar yaitu 5,93%, kemudian jenis pendingin sebesar 0,44%, dan gerak potong sebesar 0,22%. Sedangkan faktor lainnya sebesar 93,40%.

Tabel 8. Persen kontribusi

Parameter	V	SS	MS	F-Rasio	p %
Kedalaman Potong	1	0,027	0,027	5,4	5,93%
Gerak Potong	1	0,001	0,001	0,2	0,22%
Jenis Pendingin	1	0,002	0,002	0,4	0,44%
Error	1	0,425	0,005	-	93,40%
Total	7	0,455	-	-	-

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan cairan pendingin minyak sawit sebesar 1.614 µm, dan minyak kelapa sebesar 1.554 µm. Kontribusi jenis pendingin terhadap kekasaran permukaan benda kerja sangat kecil (0,44%). Nilai F-hitung sebesar 0,50 lebih kecil daripada F-tabel sebesar 161,4 dengan taraf signifikansi sebesar 0,05. Proses pemesian bubut CNC dengan benda kerja baja AISI 1045 dapat dioptimalkan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan minimum sebesar 1.554 pada kecepatan potong tetap sebesar 1273 rpm dengan cara memvariasikan parameter kedalaman

potong sebesar 0,50 mm (faktor A level 1), gerak potong sebesar 0,16 mm/put (faktor B level 2), dan jenis pendingin minyak kelapa (faktor C level 2).

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Smith, "Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel dan Feeding Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Proses Finishing Bubut CNC," 2023.

[2] R. Samuel, "Optimasi Kekasaran Permukaan Baja SKD-11 Proses CNC Turning Menggunakan Metode Taguchi, 2021," 2022.

[3] R. Mulyadi, Y. Oktriadi, M. Riva'i, T. "Prosiding Seminar Nasional Inovasi

- Teknologi Terapan*. Studi Kasus Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja S45c Pada Proses Pemesinan CNC Bubut."
- [4] M. Rahmi dan K. Umam, "Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung," 2022.
- [5] M. Verdian, "Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Kering Dan Basah Terhadap Material Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut," 2023.
- [6] A. Rudi, A. Affandi, dan Z. Fuadi, "Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 3, No. 1, Hlm. 16-22, Mar 2020, Doi: 10.30596/Rmme.V3i1.4524.
- [7] K. K. Gajrani, P. S. Suvin, S. V. Kailas, dan M. R. Sankar, "Hard Machining Performance of Indigenously Developed Green Cutting Fluid Using Flood Cooling and Minimum Quantity Cutting Fluid," *J Clean Prod*, Vol. 206, Hlm. 108-123, Jan 2019, Doi: 10.1016/J.Jclepro.2018.09.178.
- [8] P. V. Pendingin Dkk., "The Effect of Coolant Variations on Surface Roughness and Temperature in The Manufacturing Process of Low Carbon Steel St 41," 2021.
- [9] A. Saputra dkk., "Pengaruh Variasi Media Pendingin Oli, Dromus, Minyak Sayur Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ss-400 Pada Proses Mesin Bubut Konvensional," Vol. 2, No. 1, Hlm. 2021, 2021, Doi: 10.5281/Zenodo.4748670.
- [10] "Pengaruh Kondisi Pemesinan dan Cairan Pendingin Minyak Sawit Serta Minyak Kelapa Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Freis," *Sri Hartini*, 2019.