

Analisis Perbandingan Pengaruh Media Pendingin *Dromus* dan Air Radiator Terhadap Kekasaran Permukaan Baja S45C Pada Proses CNC Milling

Fatullah Faing¹, Eko Yudo¹, Zaldy Kurniawan¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : fatullahfaing679@gmail.com

Received: 5 Januari 2026; Received in revised form: 6 Januari 2026; Accepted: 6 Januari 2026

Abstract

This study aims to analyze the comparative effect of Dromus and radiator water cooling media on the surface roughness of S45C steel in the CNC Milling machining process. The quality of the machined surface is a critical indicator in the manufacturing industry, necessitating parameter optimization to achieve maximum efficiency. The Taguchi method with an L9 orthogonal array experimental design was used to evaluate the influence of three process parameters: spindle speed, depth of cut, and feed rate. Tests were conducted with three replications for each combination, and data were analyzed using the Signal-to-Noise (S/N) ratio calculation with the "smaller-is-better" category and ANOVA to determine the contribution of each factor. The results showed that Dromus cooling media consistently provided lower and more stable surface roughness values compared to radiator water. The optimal parameter combination found was a spindle speed of 1910 rpm, a depth of cut of 0.2 mm, and a feed rate of 330 mm/min. Contribution analysis revealed that when using Dromus, the depth of cut was the most dominant factor (63.40%), whereas with radiator water, spindle speed was the primary factor influencing surface roughness (45.67%).

Keywords: CNC Milling; Surface Roughness; Taguchi Method; S45C; Cooling Media

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pengaruh media pendingin Dromus dan air radiator terhadap kualitas kekasaran permukaan baja S45C pada proses pemesinan CNC Milling. Kualitas permukaan hasil pemesinan merupakan indikator kritis dalam industri manufaktur, sehingga diperlukan optimasi parameter untuk mencapai efisiensi maksimal. Metode Taguchi dengan desain eksperimen matriks ortogonal L9 digunakan untuk mengevaluasi pengaruh tiga parameter proses, yaitu kecepatan spindle, kedalaman pemotongan (depth of cut), dan laju pemakanan (feed rate). Pengujian dilakukan dengan tiga kali replikasi untuk setiap kombinasi parameter, dan data dianalisis menggunakan perhitungan rasio Signal-to-Noise (S/N) kategori smaller-is-better serta ANOVA untuk menentukan kontribusi masing-masing faktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pendingin Dromus secara konsisten menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah dan stabil dibandingkan air radiator. Kombinasi parameter optimal yang ditemukan adalah kecepatan spindle 1910 rpm, kedalaman pemotongan 0,2 mm, dan laju pemakanan 330 mm/menit. Analisis kontribusi mengungkapkan bahwa pada penggunaan Dromus, kedalaman pemotongan merupakan faktor yang paling dominan (63,40%), sedangkan pada media air radiator, kecepatan spindle menjadi faktor utama yang mempengaruhi kekasaran permukaan (45,67%).

Kata kunci: CNC Milling; Kekasaran Permukaan; Metode Taguchi; S45C; Media Pendingin

1. PENDAHULUAN

Proses pemesinan merupakan bagian yang sangat penting dalam kegiatan produksi di industri manufaktur. Sekitar 70% dari total tahapan produksi di sektor ini melibatkan proses pemesinan. Salah satu kelebihan utama dari proses ini adalah kemampuannya menghasilkan komponen dengan tingkat presisi dimensi dan kehalusan permukaan yang tinggi, melebihi metode produksi lain seperti proses pembentukan. Tingkat kualitas produk yang dihasilkan melalui pemesinan dapat diukur dari seberapa dekat hasil akhir–baik dimensi geometris, tingkat kekasaran permukaan, maupun karakteristik reflektifnya–terhadap spesifikasi teknis yang telah ditentukan sebelumnya.[1] Dalam proses produksi kampas rem kendaraan, penekan cetakan memainkan peranan penting, terutama pada tahap pengepresan material kampas agar dapat dicetak sesuai dengan dimensi dan bentuk yang telah ditentukan. Komponen ini bertindak sebagai alat bantu yang memberikan tekanan ke material selama proses pencetakan di dalam die atau cetakan tetap. Umumnya, penekan dalam sistem press molding terbuat dari logam dengan karakteristik mekanik tinggi, tahan terhadap keausan, dan memiliki permukaan yang cukup halus untuk menghindari kecacatan pada hasil cetakan. Baja S45C sering digunakan karena sifatnya yang kuat, dapat dikeraskan, dan mudah diproses dengan mesin CNC. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah kekasaran permukaan dari penekan. Apabila terlalu kasar, dapat mengakibatkan cacat pada kampas rem, sedangkan jika terlalu halus, bisa menyulitkan proses pelepasan atau menyebabkan gesekan berlebih. Oleh karena itu, diperlukan pengujian dan optimasi terhadap kekasaran permukaan, termasuk penyesuaian parameter pemesinan dan pemilihan pendingin yang tepat. Kriteria penting lainnya adalah ketepatan dimensi, keseragaman permukaan, dan kemampuan penekan untuk digunakan secara berulang dalam siklus produksi tanpa mengalami kerusakan. Mutu dari penekan cetakan ini sangat menentukan kualitas akhir kampas rem yang diproduksi, baik dari sisi bentuk, ukuran, maupun

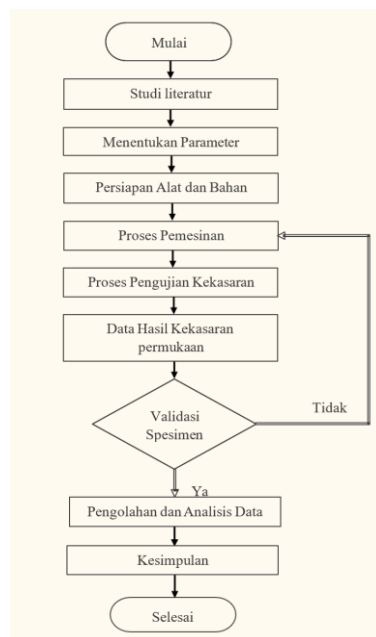
permukaannya. Milling merupakan salah satu metode pemesinan yang paling sering digunakan dalam proses pembuatan komponen. Tingkat kehalusan permukaan benda kerja menjadi salah satu faktor penting yang menentukan kualitas akhir produk. Dengan demikian, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja berbagai jenis pendingin dalam meningkatkan kualitas permukaan benda kerja yang dihasilkan.[2] Selain itu Jenis pendingin juga yang mempengaruhi nilai kekasaran dari hasil pemesinan. Nilai kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter spesifik geometris yang harus dipenuhi pada proses pemotongan logam.[3] Penerapan metode Taguchi terbukti efisien dalam meningkatkan kualitas produk sekaligus menekan biaya produksi. Metode ini merupakan pendekatan baru dalam perbaikan mutu yang dilakukan melalui eksperimen, yang menawarkan tingkat kepercayaan sebanding dengan metode Statistical Process Control (SPC). Dalam metode Taguchi, terdapat konsep perancangan parameter yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja produk dan meminimalkan tingkat variabilitas. Melalui perancangan parameter ini, dilakukan pemilihan nilai-nilai parameter yang memungkinkan produk tetap stabil meskipun terjadi perubahan atau gangguan dalam proses.[4]

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode Taguchi untuk memudahkan dalam mengolah data. Metode Taguchi merupakan pendekatan peningkatan kualitas yang menitikberatkan pada perbaikan desain produk dan proses. Tujuan utamanya adalah menciptakan produk yang tahan terhadap pengaruh variabel gangguan (noise), sehingga dikenal juga sebagai desain yang tangguh (robust design). Metode ini digunakan dalam rekayasa dan peningkatan mutu melalui perancangan eksperimen untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling berpengaruh terhadap karakteristik kualitas suatu proses. Dengan demikian, karakteristik kualitas dapat dikendalikan secara efektif. Melalui pendekatan ini, diperoleh kombinasi optimal antara desain produk dan proses produksi

dengan tingkat konsistensi yang tinggi, sehingga mampu menghasilkan kualitas terbaik dengan efisiensi biaya yang maksimal. Metode Penelitian ini disusun

dengan diagram alir. Diagram alir bertujuan untuk memastikan tahapan-tahapan pada proses kegiatan selama penelitian berjalan dengan terarah.



Gambar 1. Diagram Alir

2.1 Persiapan Alat dan bahan

2.2 Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja S45C dengan ukuran benda kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan proses milling. Baja S45C dipilih karena sifat mekanisnya yang kuat, mudah diproses, dan umum digunakan pada komponen permesinan. Media pendingin yang dibandingkan terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Coolant Dromus (coolant industri berbasis minyak pelumas)
2. Air Radiator (air campuran aditif pendingin yang biasa digunakan pada sistem radiator kendaraan)

Pemilihan kedua media pendingin ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan efektivitas pendinginan dan pelumasan terhadap kekasaran permukaan baja S45C.

2.3 Peralatan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin CNC Milling Mesin ini digunakan untuk proses pemesinan benda kerja dengan parameter yang telah ditentukan.
2. Pahat Insert Carbide tipe APMT113508 Digunakan sebagai alat potong utama pada proses milling.
3. Surface Roughness Tester Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan (Ra) pada setiap sampel setelah proses pemesinan.
4. Alat Ukur Pendukung seperti jangka sorong dan mikrometer Digunakan untuk memastikan ketelitian dimensi benda kerja.

2.4 Penentuan Parameter Proses

Penelitian ini menggunakan tiga parameter pemesinan utama dengan masing-masing tiga level, yaitu:

Tabel 1. Parameter

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
A - Spindle Speed (rpm)	1910	2070	2230
B - Depth of Cut (mm)	0.2	0.3	0.4
C - Feed Rate (mm/min)	286	330	378

Parameter ini ditetapkan berdasarkan karakteristik mesin CNC, rekomendasi pabrik pahat, serta pertimbangan untuk menghasilkan variasi data yang representatif dalam proses perbandingan media pendingin. 2.4 Desain Eksperimen (Metode Taguchi). Metode Taguchi digunakan untuk menyusun eksperimen dengan yang terdiri dari:

9 kombinasi percobaan
3 faktor
3 level per factor
Setiap percobaan direplikasi 3 kali untuk meningkatkan reliabilitas data Matriks Orthogonal L9 (3³).

Tabel 2. Orthogonal Array L9 (3³)

No	A (rpm)	B (mm)	C (mm/min)
1	1910	0.2	286
2	1910	0.3	330
3	1910	0.4	378
4	2070	0.2	330
5	2070	0.3	378
6	2070	0.4	286
7	2230	0.2	378
8	2230	0.3	286
9	2230	0.4	330

Tabel 2 digunakan untuk kedua media pendingin, sehingga total terdapat 18 percobaan utama, masing-masing dengan 3 kali pengulangan.

- o Rasio Signal-to-Noise (S/N) kategori "smaller is better"
- o Analisis ANOVA untuk mengetahui kontribusi faktor
- o Grafik respon Mean dan S/N untuk menentukan parameter optimal

2.4 Teknik Pengumpulan Data

1. Benda kerja dipasang pada meja mesin CNC.
2. Parameter A-B-C diatur sesuai kombinasi OA L9.
3. Pemesinan dilakukan menggunakan media pendingin Dromus.
4. Kekasaran permukaan diukur pada tiga titik untuk satu sampel.
5. Langkah 1-4 diulangi untuk media pendingin air radiator.
6. Nilai kekasaran (Ra) direkap, dihitung mean, lalu diproses dengan:

2.5 Rumus Perhitungan Rasio S/N

Small is Better (lebih kecil lebih baik) Digunakan untuk karakteristik kualitas yang idealnya memiliki nilai serendah mungkin, seperti cacat produk atau kekasaran permukaan. Dalam hal ini, semakin kecil nilai respon, semakin baik kualitasnya.

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

dimana:

- y_i = nilai kekasaran hasil pengukuran
- n = jumlah replikasi (3 kali pengukuran)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini diberikan hasil penelitian yang dilakukan sekaligus dibahas secara komprehensif. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, tabel dan lain-lain yang mempermudah pembaca paham dan diacu di naskah.

Bahasan dapat dibuat dalam beberapa sub bab.

3.1. Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran dilakukan pada tiga titik untuk setiap sampel, kemudian dihitung nilai rata-rata (Mean) sebagai nilai respon. Tabel berikut adalah format rekapan data hasil pengujian untuk masing-masing media pendingin.

Tabel 3. Data Pengujian Kekasaran Permukaan - Pendingin Dromus

No	Spindle (rpm)	DOC (mm)	Feed (mm/min)	Ra1	Ra2	Ra3	Mean
1	1910	0.2	286	1.271	0.631	0.593	0,831
2	1910	0.3	330	0.309	1.062	1.172	0,847
3	1910	0.4	378	0.449	0.134	0.934	0,505
4	2070	0.2	330	2.367	0.729	1.453	1,516
5	2070	0.3	378	0.531	0.537	1.936	1,001
6	2070	0.4	286	0.461	0.442	0.526	0,476
7	2230	0.2	378	2.252	0.463	0.513	1,076
8	2230	0.3	286	0.989	0.647	1.936	1,190
9	2230	0.4	330	0.685	0.821	0.561	0,689

Tabel 4. Data Pengujian Kekasaran Permukaan - Pendingin Air Radiator

No	Spindle (rpm)	DOC (mm)	Feed (mm/min)	Ra1	Ra2	Ra3	Mean
1	1910	0.2	286	0.318	0.608	1.272	0.732
2	1910	0.3	330	0.309	1.286	1.491	1.028
3	1910	0.4	378	0.449	0.968	1.871	1.079
4	2070	0.2	330	0.290	0.795	1.822	0.969
5	2070	0.3	378	2.572	2.349	2.234	2.385
6	2070	0.4	286	2.414	0.962	1.144	2.260
7	2230	0.2	378	0.646	0.463	1.881	0.996
8	2230	0.3	286	2.172	2.236	0.627	1.678
9	2230	0.4	330	1.268	0.906	0.832	1.002

3.2. Analisis Pengaruh Media Pendingin

Berdasarkan data hasil pengujian kekasaran permukaan pada Tabel 1 dan Tabel 2, terlihat perbedaan signifikan antara penggunaan media pendingin Dromus dan air radiator. Media pendingin Dromus secara konsisten menghasilkan nilai rata-rata kekasaran permukaan (Ra) yang lebih rendah dan stabil dibandingkan dengan air radiator. Hal ini disebabkan oleh karakteristik Dromus sebagai *coolant* berbasis minyak pelumas yang memberikan fungsi pelumasan lebih

baik untuk mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja. Sebaliknya, air radiator menunjukkan fluktuasi nilai kekasaran yang lebih tinggi, dengan nilai Ra tertinggi mencapai 2,385 μm pada kombinasi tertentu.

3.3. Analisis Kontribusi Parameter

Melalui analisis ANOVA dan rasio S/N, ditemukan bahwa faktor yang paling dominan mempengaruhi kualitas

permukaan berbeda untuk setiap media pendingin:

- Pada Media Dromus: *Depth of Cut* (kedalaman pemotongan) menjadi faktor yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 63,40%.
- Pada Air Radiator: *Spindle Speed* (kecepatan spindel) merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekasaran dengan kontribusi sebesar 45,67%.

3.2 Analisis Kontribusi Parameter

Melalui analisis ANOVA dan rasio S/N, ditemukan bahwa faktor yang paling dominan mempengaruhi kualitas permukaan berbeda untuk setiap media pendingin:

- Pada Media Dromus: *Depth of Cut* (kedalaman pemotongan) menjadi faktor yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 63,40%.
- Pada Media Air Radiator: *Spindle Speed* (kecepatan spindel) merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekasaran dengan kontribusi sebesar 45,67%.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: Variasi media pendingin dan parameter pemrosesan terbukti berpengaruh signifikan terhadap tingkat kekasaran permukaan baja S45C pada proses CNC Milling. Media pendingin Dromus memberikan performa yang lebih unggul dibandingkan air radiator karena menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah dan konsisten. Parameter optimal untuk proses ini adalah kecepatan spindel 1910 rpm, kedalaman pemotongan 0,2 mm, dan laju pemakanan 330 mm/menit. Faktor yang paling berpengaruh pada pendinginan Dromus adalah *depth of cut* (63,40%), sedangkan pada air radiator adalah *spindle speed* (45,67%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas dukungan fasilitas laboratorium dan peralatan mesin CNC Milling yang disediakan selama penelitian ini

berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa dan seluruh pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data dan teknis pengujian sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Anshori, P. Hartono, and U. Lesmanah, "Analisis Perbandingan Kekasaran Permukaan Pada Proses Turning," *Tek. Mesin*, vol. x, no. x, pp. 1-5, 2018.
- [2] U. Islam Kalimantan MAB et al., "Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun 2020 (SENASTIKA 2020) Optimasi Parameter Proses Milling dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 42 dengan Metode Taguchi," vol. 2020, no. Senastika, 2020.
- [3] E. Apriansyah, T. Widagdo, and Zainuddin, "Pengaruh Variasi Pendingin Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Aluminium 6061," *J. Austenit*, vol. 12, no. 1, pp. 14-20, 2020, [Online].
- [4] E. Mahdi Ananta, A. Siti Nurrohkayati, and A. Mujiyanto, "Optimasi Nilai Kekasaran Permukaan Baja St 37 Berdasarkan Pada Parameter Proses Pembubutan Menggunakan Metode Taguchi," *Simp. Nas. RAPI XXI (ISSN 2686-4274)*, 65-72., pp. 65-72, 2022.
- [5] M. R. A. Rachman and A. M. Sakti, "Analisa Perbedaan Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Baja S45C Dengan Perlakuan Quenching Dan Tempering Pada Media Udara, Air, dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga," *J. Tek. Mesin*, vol. 08, no. 02, pp. 89-94, 2020.
- [6] S. Subagiyo, A. Asrori, and L. Agustriyana, "Analisis Kekerasan Baja S45C Hasil Hardening Dengan Variasi Media Pendingin," *Info-Teknik*, vol. 19, no. 1, p. 43, 2018, doi: 10.20527/infotek.v19i1.5141.
- [7] L. Dwi Saputra and E. Yudiyanto, "Analisis Performa Mesin CNC Milling Mini 3 Sumbu Terhadap Akurasi Gerak Pemotongan," *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no.

- 3, pp. 1-11, 2024, doi: 10.47134/jme.v1i3.3117.
- [8] E. Endrian, "Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses Cnc Milling Baja Aisi 1045," *J. Tek. Mesin*, 2021.
- [9] J. Ilham, B. D. Haripriadi, J. T. Mesin, and P. N. Bengkalis, "Politeknik Negeri Bengkalis Oktober 2019, hlm," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, pp. 191-213, 2019.
- [10] S. L. Irjayanti, P. Teknik, M. Universitas, and N. Semarang, "Pengaruh Media Pendingin Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kekasaran Proses Cnc Turning Pada Aluminium Daur Ulang," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 34-39, 2019.
- [11] M. Rahmat and B. D. Haripriadi, "Analisa Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan Dan Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Pahat End Mill HSS Hasil Pemesinan CNC Router Milling Pada Aluminium Sheet 1100 (Effect of cutting and cooling parameters against the wear of HSS End Mill Chisel Machine," *J. Polimesin*, vol. 17, pp. 1-8, 2019.
- [12] A. A. Wulandari, T. Wuryandari, and D. Ispriyanti, "Penerapan Metode Taguchi Untuk Kasus Multirespon Menggunakan Pendekatan Grey Relational Analysis.