

PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN MESIN FRAIS TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 37 MENGGUNAKAN *ENDMILL HIGH SPEED STEEL*

Marzariandi *¹
Razali ²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: marzariandi3@gmail.com¹, razali@polbeng.ac.id²

Abstrak

Kualitas permukaan yang baik pada proses pemesinan termasuk pada proses membubut dipengaruhi oleh parameter pemotongan (kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong). peneliti dapat menyimpulkan rumus masalahnya yaitu Bagaimana pengaruh variasi kecepatan spindle, variasi kedalaman pemotongan dan variasi pendingin terhadap nilai kekasaran permukaan baja ST 37 menggunakan endmill 4 flute HSS. Teknik analisis data kuantitatif (berbasis data) dan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Perhitungan ANOVA dilakukan untuk mengetahui parameter dan level apa saja yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. dengan menggunakan software "Minitab Data Analysis". harga kekasaran tertinggi terdapat pada pendingin air. putaran spindle (rpm) 550 dengan kedalaman sayatan 1 mm memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 5.181 μm . Sedangkan nilai kekasaran terendah terdapat pada pendingin udara. Putaran spindle (rpm) 767 dengan kedalaman sayatan 0,5 mm, memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,666 μm . Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi yang lebih luas pada parameter pemotongan dan jenis pendingin lainnya untuk mengeksplorasi hasil yang lebih optimal.

Kata kunci : mesin frais, kecepatan spindle, kedalaman potong, Pendingin, kekasaran permukaan, baja st 37.

Abstract

Good surface quality in the machining process including the turning process is influenced by the cutting parameters (cutting speed, feeding motion, and depth of cut). researchers can conclude the problem formula, namely How does the effect of spindle speed variation, depth of cut variation and coolant variation on the surface roughness value of ST 37 steel using a 4 flute HSS. Quantitative data analysis techniques (data-based) and using Analysis of Variance (ANOVA). ANOVA calculations are carried out to determine what parameters and levels have the most effect on surface roughness. by using "Minitab Data Analysis" software. the highest roughness price is found in water cooling. spindle rotation (rpm) 550 with a depth of incision of 1 mm has a surface roughness value of 5.181 μm . While the lowest roughness value is found in air cooling. Spindle rotation (rpm) 767 with an incision depth of 0.5 mm, has a surface roughness value of 2.666 μm . It is recommended to conduct further research with wider variations in cutting parameters and other types of coolants to explore more optimal results.

Keywords: milling machine, spindle speed, depth of cut, coolant, surface roughness, ST 37 steel.

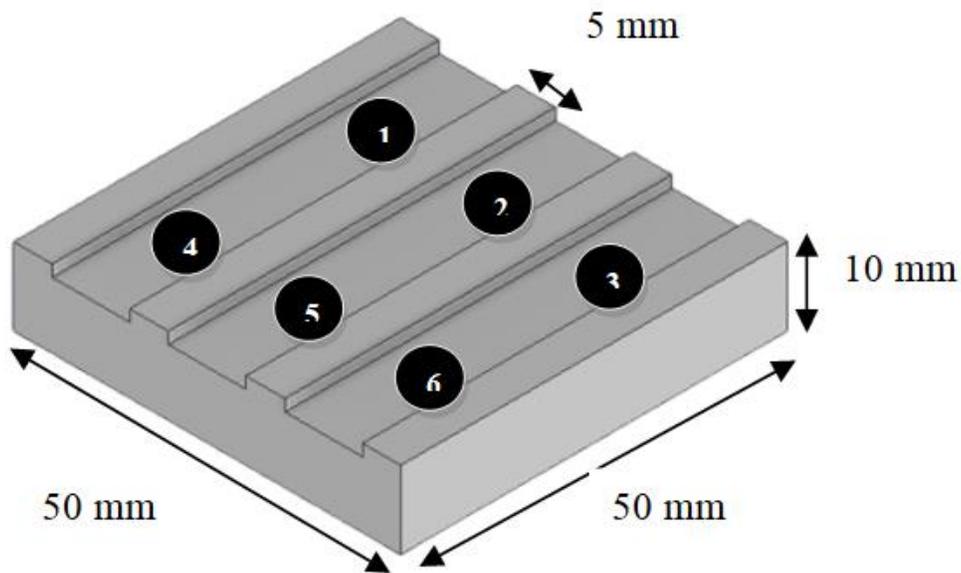
PENDAHULUAN

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat, kebutuhan manusia akan logam semakin meningkat karena hampir semua alat yang digunakan mengandung unsur logam. Logam memiliki peran penting dalam mendukung teknologi modern, sehingga banyak upaya dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat logam, salah satunya melalui proses manufaktur. Proses manufaktur adalah metode yang digunakan untuk mengubah bentuk dan sifat material, terutama logam, agar sesuai dengan kebutuhan industri. Dalam dunia permesinan, manufaktur memegang peran penting dalam menghasilkan komponen-komponen dengan presisi tinggi dan efisiensi produksi yang maksimal. Industri pemesinan dituntut untuk memproduksi secara massal dengan biaya rendah, presisi tinggi, dan waktu yang efisien. Salah satu aspek penting dalam proses pemesinan adalah kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Kekasaran permukaan berpengaruh pada fungsi produk, seperti

gesekan, perpindahan panas, dan pelumasan. Oleh karena itu, kualitas permukaan menjadi tolak ukur mutu dalam industri. Parameter seperti kedalaman pemotongan, kecepatan pemakanan, dan pemilihan mata pahat sangat menentukan kualitas permukaan yang dihasilkan. Selain itu, parameter pemotongan juga mempengaruhi panas yang dihasilkan selama proses pemesinan. Panas yang berlebihan dapat mengurangi kemampuan pahat dan menurunkan kualitas produk. Untuk mengatasi hal ini, penggunaan cairan pendingin pada zona pemotongan menjadi solusi penting untuk mengendalikan panas, mengurangi gesekan, dan mempertahankan kualitas pemotongan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari nilai kekasaran permukaan baja st 37 dalam proses pemilinan menggunakan mesin frias vertical Dengan variasi Kecepatan potong, variasi kedalaman Potongan dan variasi pendingin.

METODE

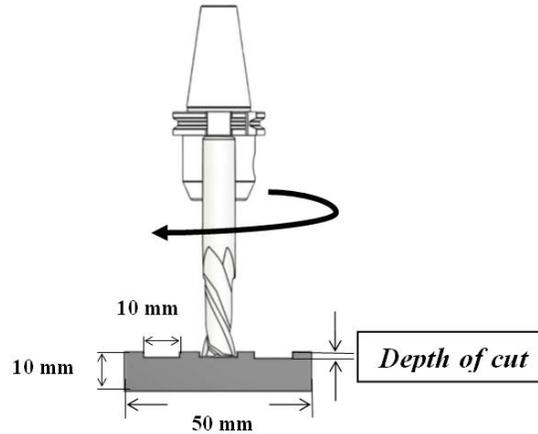
Proses pengerjaan dimulai dengan pengefraisan alur pada permukaan benda kerja, diikuti oleh pengukuran kekasaran permukaan di enam titik berbeda. Nilai kekasaran permukaan dihitung dengan mengambil rata-rata dari hasil pengukuran di enam titik tersebut. Berikut ini adalah gambar benda kerja beserta titik-titik pengujiannya.



Gambar 1. Titik Pengujian Benda Kerja
 Sumber : Autocad Inventor

Tabel 1. Titik Pengujian Benda Kerja

Titik Pengujian Kekasaran Permukaan	
Titik Pengujian 1	Titik Pengujian 4
Titik Pengujian 2	Titik Pengujian 5
Titik Pengujian 3	Titik Pengujian 5



Gambar 2. Penyayatan Benda Kerja
Sumber : Autocad Inventor

Pengujian alat dilakukan menggunakan *endmill cutter 4 flute* dengan berbagai variasi kecepatan spindel (400, 550, dan 767 rpm) dan kedalaman sayatan (0,5 mm, 0,8 mm, dan 1 mm) pada plat baja ST 37. Setiap variasi diuji baik dengan maupun tanpa penggunaan media air pendingin. Setelah proses penyayatan, kekasaran permukaan benda kerja diukur menggunakan surface roughness tester untuk membandingkan hasilnya. Proses pengambilan data dimulai dengan pengujian tarik material menggunakan standar ASTM E8 untuk memastikan bahwa material yang diuji adalah baja ST 37. Selanjutnya, spesimen baja ST 37 dipersiapkan dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 50 mm, dan tebal 10 mm untuk pengujian kekasaran permukaan. Setelah itu, spesimen mengalami proses milling menggunakan endmill 10 mm berbahan *HSS (High Speed Steel)* dengan pendinginan menggunakan cairan pendingin dan udara. Akhirnya, spesimen baja ST 37 yang telah melalui proses milling diuji kekasaran permukaannya menggunakan alat surface roughness tester.

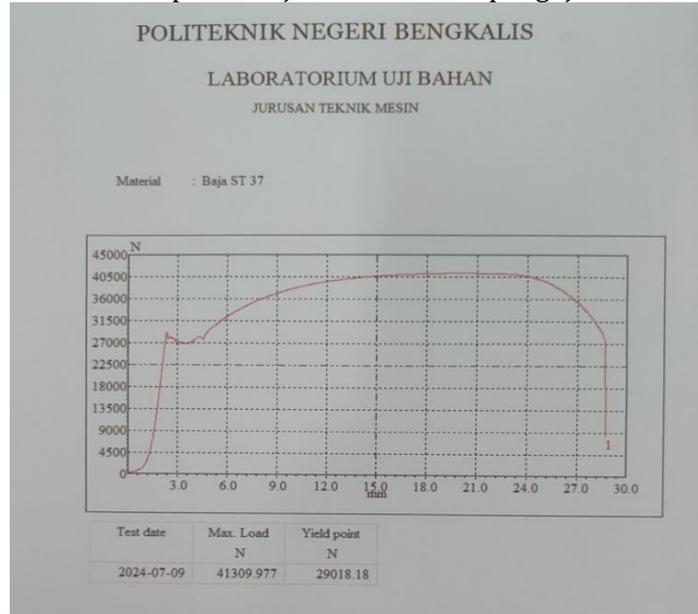
Dalam penelitian ini, teknik analisis data kuantitatif berbasis data menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)* diterapkan untuk menentukan parameter dan level yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Perhitungan ANOVA dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak "*Minitab Data Analysis.*" Proses pengambilan data dimulai dengan pengujian tarik material sesuai dengan standar ASTM E8 untuk memastikan bahwa material yang digunakan adalah baja ST 37. Selanjutnya, spesimen baja ST 37 dipersiapkan untuk pengujian kekasaran permukaan dengan dimensi panjang 50 mm, lebar 50 mm, dan tebal 10 mm. Proses milling spesimen dilakukan dengan menggunakan endmill 10 mm High Speed Steel (HSS) dan pendinginan dengan cairan pendingin serta udara, seperti yang ditampilkan pada gambar 3.13. Setelah proses milling selesai, spesimen diuji kekasaran permukaannya menggunakan alat *surface roughness*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data kekasaran permukaan Baja ST 37 pada spesimen yang diberi perlakuan berbeda, dengan pengujian dilakukan di enam titik per spesimen di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bengkalis. Data diorganisir dalam tabel untuk menghitung rata-rata kekasaran. Pengujian melibatkan proses milling menggunakan variasi pendingin (cairan pendingin dan udara), dengan kecepatan spindel 400, 550, dan 767 rpm, serta kedalaman pemakanan 0,5 mm, 0,8 mm, dan 1 mm, untuk membandingkan kekasaran permukaan baja ST 37. Setelah milling, kekasaran permukaan diukur menggunakan *surface roughness tester*. Eksperimen ini diikuti dengan deskripsi data dan uji asumsi (IIDN) sebelum tahap ANOVA.

A. Pengujian Uji Tarik Material Baja ST 37

Sebelum memulai proses penyayatan pada baja ST 37, peneliti perlu memastikan bahwa material yang digunakan benar-benar merupakan baja ST 37 melalui pengujian tarik.



Gambar 3. Grafik kekuatan Tarik
 Sumber : Dokumentasi

Setelah uji tarik dilakukan, kekuatan tarik maksimum dihitung untuk membandingkan apakah material ini memiliki kekuatan tarik yang sama atau mendekati standar baja ST 37. Hasil uji tarik ini memberikan verifikasi penting terhadap kesesuaian material sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

$$\begin{aligned}
 A_0 &= a \cdot b \\
 &= 10 \times 10 \\
 &= 100 \text{ mm}^2 \\
 \sigma &= \frac{F}{A_0} \\
 &= \frac{413309,977}{100} \\
 &= 413 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

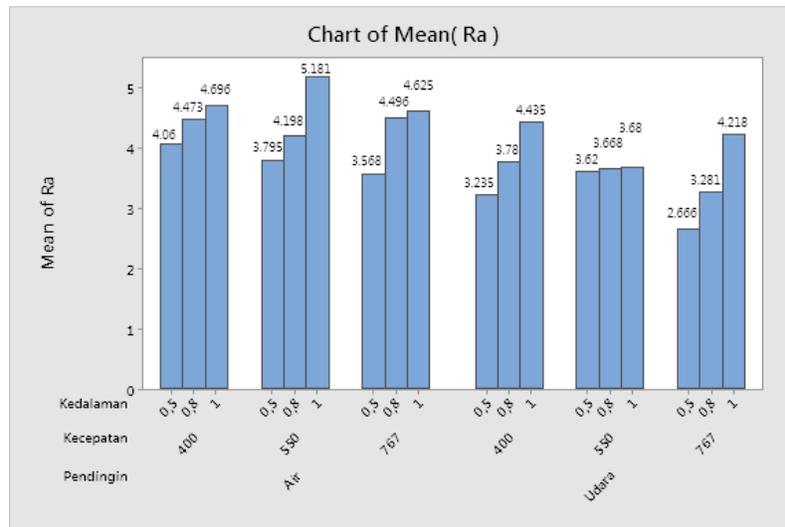
Nilai pengujian tarik menunjukkan bahwa material memiliki kekuatan tarik sebesar 413 N/mm². Berdasarkan nilai ini, dapat disimpulkan bahwa material tersebut termasuk dalam kategori Baja ST 37, yang memiliki rentang kekuatan tarik antara 360 hingga 510 N/mm². Dengan demikian, hasil pengujian ini konsisten dengan karakteristik Baja ST 37.

B. Pengambilan Nilai Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan baja ST 37 dilakukan menggunakan alat *surface roughness tester* di enam titik berbeda. Setelah pengujian di enam titik tersebut, nilai kekasaran permukaan dihitung untuk mendapatkan nilai Ra (Rata-rata Kekasaran Permukaan), yang kemudian digunakan untuk membandingkan kekasaran permukaan setiap spesimen. Berikut ini disajikan tabel rata-rata kekasaran permukaan.

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Jenis Pendingin	Kecepatan Spindle(rpm)	Kedalaman Potong(mm)	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan						
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	Ra
Coolant	400	0,5	4.59	4.1	4.87	2.98	4.1	3.72	4.06
		0,8	4.46	4.58	4.29	4.57	4.46	4.48	4.473
		1	4.46	5.34	5.34	4.19	4.59	4.26	4.696
	550	0,5	4.12	4.21	4.59	4.58	4.35	3.34	3.795
		0,8	4.21	4.11	3.81	3.27	2.95	4.42	4.198
		1	5.147	5.53	5.23	5.1	5.25	4.51	5.181
	767	0,5	3.82	3.48	3.88	3.32	3.59	3.32	3.568
		0,8	5.11	4.89	4.18	3.94	5.14	4.49	4.496
		1	4.49	4.89	3.29	3.42	5.38	5.51	4.625
Udara	400	0,5	4.11	3.47	3.46	3.59	4.44	3.61	3.235
		0,8	4.66	3.34	4.81	4.34	4.15	4.31	3.78
		1	3.43	3.43	3.52	2.86	3.93	2.24	4.435
	550	0,5	3.71	3.29	3.84	3.68	3.49	3.71	3.62
		0,8	3.62	3.76	3.62	3.98	4.2	3.68	3.668
		1	3.21	3.95	3.89	3.89	4.58	2.49	3.68
	767	0,5	2.54	2.29	2.95	3.21	2.77	2.24	2.666
		0,8	3.13	3.11	3.49	3.18	3.82	2.96	3.281
		1	4.27	4.19	5.37	4.1	4.24	3.14	4.218



Gambar 4. Chart Of Mean (Ra)
 Sumber Aplikasi Minitab

Merujuk pada tabel 1 dan gambar 3 di atas, menunjukkan bahwa kekasaran permukaan tertinggi terjadi dengan pendinginan air pada kecepatan spindle 550 rpm dan kedalaman sayatan 1 mm, mencapai 5,181 μm . Sebaliknya, kekasaran permukaan terendah dicapai dengan pendinginan udara pada kecepatan spindle 767 rpm dan kedalaman sayatan 0,5 mm, yakni sebesar 2,666 μm . Data ini mengindikasikan bahwa penggunaan cairan pendingin air pada kecepatan spindle menengah dengan kedalaman sayatan lebih besar cenderung menghasilkan permukaan yang lebih kasar. Sementara itu, pendinginan udara pada kecepatan spindle yang lebih tinggi dan kedalaman sayatan lebih kecil menghasilkan permukaan yang lebih halus. Hal ini mungkin disebabkan oleh efisiensi pendinginan yang berbeda, pengaruh kecepatan spindle terhadap suhu dan gesekan, serta kedalaman sayatan yang mempengaruhi hasil akhir permukaan.

C. Hasil Uji Data (ANOVA)

General Linear Model : Rata-rata Kekasaran Versus Pendingin, Kecepatan Spindle, dan Kedalaman Potong.

- *Factor Information*

Tabel 3. Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Pendingin	Fixed	2	Air, Udara
Kecepatan Spindle	Fixed	3	400, 550, 767
Kedalaman Potong	Fixed	3	0,5, 0,8, 1

Tabel 2 menunjukkan bahwa eksperimen ini melibatkan tiga faktor tetap, masing-masing dengan beberapa tingkat variasi. Faktor pendingin terdiri dari dua jenis (air dan udara), faktor kecepatan spindle memiliki tiga tingkat (400, 550, dan 767 rpm), dan faktor kedalaman potong juga memiliki tiga tingkat (0,5 mm, 0,8 mm, dan 1 mm). Tabel 2 menguraikan desain eksperimen yang sistematis, di mana setiap faktor diuji pada beberapa tingkat yang berbeda untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kekasaran permukaan. Penggunaan variasi pada faktor-faktor ini memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap pengaruh masing-masing faktor terhadap hasil akhir.

- *Analysis of Variance*

Tabel 4. Analysis Of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pendingin	1	2.3537	2.35373	28.53	0.000
Kecepatan Spindle	2	0.2932	0.14661	1.78	0.211
Kedalaman Potong	2	2.892	1.446	17.53	0.000
Error	12	0.9901	0.08251		
Total	17	6.529			

Hasil analisis varians (ANOVA) dari tabel menunjukkan pengaruh tiga faktor (pendingin, kecepatan spindle, dan kedalaman potong) terhadap kekasaran permukaan dengan detail sebagai berikut:

- **Pendingin:** Faktor pendingin memiliki derajat kebebasan (DF) sebesar 1. Jumlah kuadrat teradjustasi (Adj SS) untuk faktor ini adalah 2.3537, menunjukkan bahwa variasi yang disebabkan oleh pendingin cukup besar. Rata-rata kuadrat teradjustasi (Adj MS) sebesar 2.35373 memberikan nilai F sebesar 28.53, yang menunjukkan efek pendingin sangat signifikan. Dengan nilai p sebesar 0.000, yang jauh lebih kecil dari ambang batas signifikansi 0.05, jelas bahwa penggunaan pendingin secara signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan.

- **Kecepatan Spindle:** Faktor kecepatan spindle memiliki derajat kebebasan (DF) sebesar 2. Jumlah kuadrat teradjustasi (Adj SS) untuk kecepatan spindle adalah 0.2932, yang menunjukkan bahwa variasi yang disebabkan oleh faktor ini relatif kecil. Rata-rata kuadrat teradjustasi (Adj MS) sebesar 0.14661 menghasilkan nilai F sebesar 1.78. Dengan nilai p sebesar 0.211, yang lebih besar dari 0.05, dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan spindle tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan.
- **Kedalaman Potong:** Faktor kedalaman potong memiliki derajat kebebasan (DF) sebesar 2. Jumlah kuadrat teradjustasi (Adj SS) untuk faktor ini adalah 2.892, yang menunjukkan bahwa variasi yang disebabkan oleh kedalaman potong cukup besar. Rata-rata kuadrat teradjustasi (Adj MS) sebesar 1.446 memberikan nilai F sebesar 17.53, yang menunjukkan efek kedalaman potong sangat signifikan. Dengan nilai p sebesar 0.000, yang jauh lebih kecil dari 0.05, variasi kedalaman potong secara signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan.
- **Error:** Faktor error memiliki derajat kebebasan (DF) sebesar 12. Jumlah kuadrat teradjustasi (Adj SS) untuk error adalah 0.9901, yang menunjukkan variasi yang tidak dijelaskan oleh model. Rata-rata kuadrat teradjustasi (Adj MS) untuk error adalah 0.08251.
- **Total:** Total derajat kebebasan (DF) adalah 17, dengan jumlah kuadrat total (Total SS) sebesar 6.529.

Hasil analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor pendingin memiliki efek signifikan terhadap kekasaran permukaan, dengan nilai p sebesar 0,000 yang lebih kecil dari ambang batas signifikansi 0,05. Ini menunjukkan bahwa variasi dalam penggunaan pendingin secara signifikan mempengaruhi hasil pengukuran kekasaran permukaan. Di sisi lain, faktor kecepatan spindle tidak memiliki efek signifikan terhadap variabel respons, dengan nilai p sebesar 0,211 yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kecepatan spindle tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kekasaran permukaan. Sementara itu, faktor kedalaman potong juga menunjukkan efek signifikan dengan nilai p sebesar 0,000, yang berarti perubahan dalam kedalaman potong secara signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja baja ST 37.

• *Model Summary*

Tabel 5. Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.287244	84.84%	78.52%	65.88%

Tabel 4 menyajikan ringkasan model regresi dengan beberapa metrik penting:

- S (*Standard Deviation of Regression*): 0.287244
- R-sq (*R-squared*): 84.84%
- R-sq(adj) (*Adjusted R-squared*): 78.52%
- R-sq(pred) (*Predicted R-squared*): 65.88%

1. (*Standard Deviation of Residuals*). Nilai S adalah 0.287244, yang merupakan standar deviasi dari residual atau kesalahan prediksi dalam model regresi. Nilai S yang lebih kecil menunjukkan model yang lebih baik dalam menyesuaikan data, karena berarti kesalahan prediksi lebih rendah.
2. R-sq (*R-squared*). Nilai R-squared sebesar 84.84% menunjukkan persentase variabilitas dalam data dependen (variabel yang diprediksi) yang dapat dijelaskan oleh model regresi. Nilai ini sangat tinggi, menunjukkan bahwa model sangat baik dalam menjelaskan variabilitas data.
3. R-sq(adj) (*Adjusted R-squared*). *Adjusted R-squared* memiliki nilai 78.52%. Ini adalah R-squared yang telah disesuaikan untuk jumlah variabel prediktor dalam model. *Adjusted R-squared* memperhitungkan kompleksitas model dan mengurangi nilai R-squared jika

penambahan variabel prediktor tidak meningkatkan model secara signifikan. Hal ini memberikan gambaran yang lebih realistis tentang kinerja model.

4. *R-sq(pred)* (*Predicted R-squared*). Nilai *Predicted R-squared* adalah 65.88%. Ini mengukur seberapa baik model memprediksi nilai baru yang bukan bagian dari dataset yang digunakan untuk membangun model. Nilai ini menunjukkan kemampuan model untuk melakukan generalisasi pada data baru, meskipun lebih rendah dari *Adjusted R-squared*, ini masih menunjukkan kemampuan prediktif yang cukup baik.

Secara keseluruhan, model ini menunjukkan kinerja yang baik dengan *R-squared* tinggi yang menunjukkan kemampuan model untuk menjelaskan variabilitas data, *Adjusted R-squared* yang menunjukkan model tidak *overfitting*, dan *Predicted R-squared* yang menunjukkan kemampuan prediksi yang cukup baik pada data baru.

D. Comparisons For Rata-rata Kekasaran

- Pendingin

Pengelompokan informasi menggunakan metode Tukey dan Keyakinan 95%.

Tabel 6. Comparison For (Ra) Pendingin

pendingin	N	Mean	Grouping
Air	9	4.34356	A
Udara	9	3.62033	B

Tabel ini menunjukkan hasil ANOVA di mana rata-rata kekasaran permukaan untuk kedua jenis pendingin ("Air" dan "Udara") dibandingkan. Dengan masing-masing kelompok memiliki 9 pengamatan, rata-rata kekasaran permukaan untuk "Air" (4.34356) lebih tinggi dibandingkan "Udara" (3.62033). Pengelompokan huruf menunjukkan bahwa rata-rata ini berbeda secara signifikan, karena "Air" dan "Udara" berada dalam kelompok yang berbeda (A dan B). Hal ini mengindikasikan bahwa jenis pendingin yang digunakan memiliki efek yang signifikan terhadap kekasaran permukaan.

- Kecepatan *Spindle*

Pengelompokan informasi menggunakan metode Tukey dan Keyakinan 95%.

Tabel 7. Comparison For (Ra) Kecepatan Spindle

Kecepatan Spindle	N	Mean	Grouping
400	6	4.11317	A
550	6	4.02367	A
767	6	3.809	A

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam rata-rata kekasaran permukaan untuk kecepatan spindle 400, 550, dan 767. Meskipun nilai rata-rata sedikit berbeda, dengan kecepatan 400 memiliki rata-rata tertinggi (4.11317) dan kecepatan 767 memiliki rata-rata terendah (3.80900), perbedaan ini tidak cukup signifikan untuk dianggap berbeda secara statistik. Semua nilai rata-rata berada dalam kelompok yang sama (A), yang mengindikasikan bahwa variasi kecepatan spindle dalam rentang ini tidak mempengaruhi kekasaran permukaan secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

- Kedalaman Potong

Pengelompokan informasi menggunakan metode Tukey dan Keyakinan 95%.

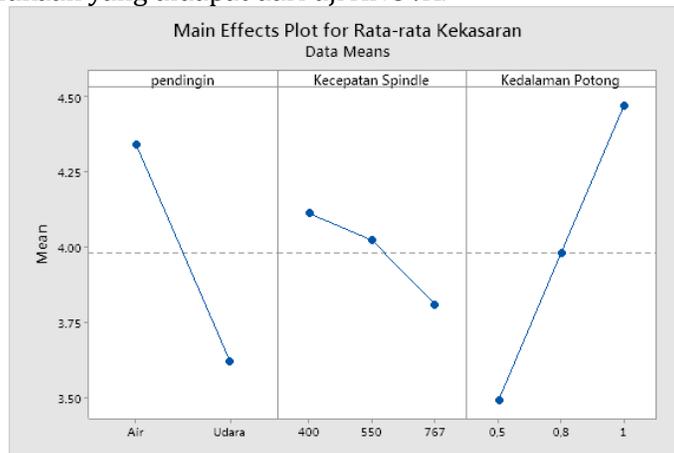
Tabel 8. Comparison For (Ra) Kedalaman Potong

Kedalaman Potong	N	Mean	Grouping		
1	6	4.4725	A		
0,8	6	3.98267		B	
0,5	6	3.49067			C

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam kekasaran permukaan yang dihasilkan oleh kedalaman potong yang berbeda. Kedalaman potong 1 mm menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan tertinggi (4.47250) dan termasuk dalam kelompok "A", yang berarti berbeda secara signifikan dari kedalaman potong 0,8 mm dan 0,5 mm. Kedalaman potong 0,8 mm, dengan rata-rata 3.98267, termasuk dalam kelompok "B", yang menunjukkan perbedaan signifikan dengan kedalaman potong 0,5 mm, yang memiliki rata-rata 3.49067 dan termasuk dalam kelompok "C". Perbedaan ini menunjukkan bahwa kedalaman potong mempengaruhi kekasaran permukaan secara signifikan, dengan kedalaman yang lebih besar cenderung menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih tinggi.

E. Main Effect Plot

Pengaruh yang diberikan dari tiga faktor ini terlihat dengan jelas gambar *main effect plot* untuk kekasaran permukaan yang didapat dari uji ANOVA.



Gambar 5. Main Effect Plot (RA)
 Sumber : Aplikasi Minitab

Berdasarkan hasil dari gambar *main effect plot* yang diperoleh dari uji ANOVA, kita dapat menarik beberapa kesimpulan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan:

1. Penggunaan Pendingin.

Udara sebagai pendingin ternyata lebih efektif dibandingkan air dalam mengurangi kekasaran permukaan. Hal ini dapat dihubungkan dengan sifat termal dan fisik dari udara yang mungkin lebih sesuai untuk proses tertentu, sehingga mengurangi gesekan dan panas yang dihasilkan selama proses pemesinan.

2. Kecepatan Spindle

Peningkatan kecepatan spindle dari 400 ke 767 rpm secara signifikan mengurangi kekasaran permukaan. Ini menunjukkan bahwa pada kecepatan spindle yang lebih tinggi, interaksi antara alat potong dan bahan kerja menjadi lebih halus, mengurangi ketidakrataan yang terjadi pada permukaan bahan.

3. Kedalaman Potong

Peningkatan kedalaman potong dari 0,5 mm ke 1 mm ternyata meningkatkan kekasaran permukaan. Ini mungkin disebabkan oleh beban pemotongan yang lebih besar yang mengakibatkan alat potong lebih banyak mengikis material dan menghasilkan permukaan yang lebih kasar.

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus, penggunaan udara sebagai pendingin, kecepatan spindle yang lebih tinggi, dan kedalaman potong yang lebih rendah adalah kondisi yang optimal. Pemahaman ini dapat membantu dalam proses pengaturan parameter untuk mencapai kualitas permukaan yang diinginkan dalam proses manufaktur. Penelitian lebih lanjut bisa dilakukan untuk melihat interaksi antara faktor-faktor ini dan mengoptimalkan lebih jauh kondisi pemesinan yang terbaik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari percobaan kekasaran permukaan baja ST 37 menggunakan mesin frais dengan variasi kecepatan *spindle*, kedalaman potong, dan jenis pendingin menunjukkan bahwa permukaan yang paling kasar tercapai pada kecepatan spindle 550 rpm, kedalaman potong 1 mm, dan penggunaan pendingin air, dengan tingkat kekasaran mencapai 5,181 μm . Sebaliknya, permukaan yang paling halus diperoleh pada kecepatan *spindle* 767 rpm, kedalaman potong 0,5 mm, dan penggunaan pendingin udara, dengan tingkat kekasaran sebesar 2,666 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- Djonni Bangun, "Pengaruh Variasi Kecepatan dan Variabel Putar Spindel Mesin Frais Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Frais MMC Matriks Kuningan Pengaruh FLY ASH" JURNAL TEKNIK MESIN, TAHUN 20, NO.1, APRIL 2012
- Sugianto, Yogi Prabowo. "Pembubutan Kekasaran Permukaan Material St 37 Terhadap Kecepatan Pemakanan Pada Milling Machine" Jurnal ENGINE Vol. 2 No 1, Mei 2018.
- Abbas, H. et al. 2013. *Pengaruh parameter Pemotongan Pada Operasi Pemotongan Milling Terhadap Getaran dan Tingkat Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)*. Proceeding SNTTM XII & Lomba Rancang Bangun Mesin Universitas Lampung.
- Aditya, A.Y. et al. 2015. *Pengaruh Spindel Speed, Feed Rate Dan Jumlah Mata Pahat Ball Nose End Mill Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium Pada Proses Conventional Milling*. Jurnal Teknik. Universitas Brawijaya.
- Muttahid, M., Nurrohmayati, A. S., Nugroho, A., Muhammadiyah, U., & Timur, K. (n.d.). *Pengaruh Sudut Potong Utama Endmill, Kecepatan dan Arah Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material St 37 Pada Proses Frais Konvensional*. xx, 150–164.
- Rahdiyanta, D. D. (2010). Material dan Jenis-jenis Pisau Frais. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 1–39.
- Seprianto, D., & Rizal, S. (2009). Analisa Pengaruh Perubahan Ketebalan Pemakanan, Kecepatan Putar Pada Mesin, Kecepatan Pemakanan (Feeding) Fraishorisontal Terhadap Kekasaran Permukaan Logam. *Jurnal Austenit, Volume 1*(April), 1–6.
- Sugiyanto, J., Prabowo, Y., Raya, J., Km, P., & Karanganyar, P. (2018). Pada Milling Machine. *Jurnal ENGINE*, 2(1), 1–6.
- Teknologi, I., Malang, N., & Malang, K. (n.d.). *Analisa pengaruh putaran pada mesin freis terhadap kekasaran dan kedalaman permukaan benda kerja*. 1–6.
- Variasi, P., Frais, P., Spindel, K., Hartoko, R. P., Hartono, P., & Yazirin, C. (n.d.). *KEDALAMAN PEMOTONGAN TERHADAP NILAI KEKASARAN*. 166–172.

