

# PENGARUH VARIASI JENIS PENDINGIN DAN KEDALAMAN POTONG PADA PROSES BUBUT DENGAN MATERIAL BAJA ST 37 TERHADAP UMUR PAHAT *HIGH SPEED STEEL* (HSS)

Sabar \*<sup>1</sup>  
Razali <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Bengkalis

\*e-mail: [sabarsabar7399@gmail.com](mailto:sabarsabar7399@gmail.com), [razali@polbeng.ac.id](mailto:razali@polbeng.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi jenis pendingin dan kedalaman potong pada proses bubut dengan material baja ST 37 terhadap umur pahat High Speed Steel (HSS). Tujuan dari penelitian ini yaitu Menentukan metode pendinginan dan kedalaman potong yang memberikan keseimbangan terbaik untuk meningkatkan umur pahat. Penelitian ini menggunakan tiga variasi pendingin: solube oil and water dengan perbandingan 1:30, 1:40, dan udara (tanpa pendingin), serta variasi kedalaman potong (0,5, 1, 1,5). Metode eksperimen laboratorium dengan pengukuran keausan pahat dan analisis data menggunakan metode Taguchi serta perangkat lunak Minitab diterapkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jenis pendingin dan kedalaman potong memiliki pengaruh signifikan terhadap umur pahat HSS. Pendingin solube oil and water dengan perbandingan 1:40 dengan kedalaman 0,5 paling efektif dalam mengurangi keausan pahat dan meningkatkan umur pahat yaitu 68.39 menit. Kedalaman potong yang optimal juga ditemukan dapat meminimalkan keausan pahat. Penelitian ini memberikan panduan praktis bagi industri manufaktur dalam pemilihan metode pendinginan dan pengaturan kedalaman potong untuk meningkatkan efisiensi proses bubut dan mengurangi biaya produksi.

**Kata Kunci:** Proses bubut, Baja ST 37, High Speed Steel (HSS), Variasi jenis pendingin, Kedalaman potong, Umur pahat.

## Abstract

This research analyzes the effect of variations in coolant type and cutting depth in the turning process with ST 37 steel material on High Speed Steel (HSS) tool life. The aim of this research is to determine the cooling method and depth of cut that provides the best balance to increase tool life. This research used three variations of coolant: soluble oil and water with a ratio of 1:30, 1:40, and air (without coolant), as well as variations in cutting depth (0.5, 1, 1.5). Laboratory experimental methods with tool wear measurements and data analysis using the Taguchi method and Minitab software were applied. The research results show that variations in coolant type and depth of cut have a significant influence on HSS tool life. Cooling soluble oil and water with a ratio of 1:40 with a depth of 0.5 is most effective in reducing tool wear and increasing tool life that is 68.39 minute. Optimal cutting depth was also found to minimize tool wear. This research provides practical guidance for the manufacturing industry in selecting cooling methods and setting cutting depth to increase turning process efficiency and reduce production costs.

**Keywords:** Turning process, ST 37 Steel, High Speed Steel (HSS), Variations in coolant type, Cutting depth, Tool life

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat dalam industri manufaktur dan peningkatan kebutuhan akan komponen mekanis berkualitas tinggi telah mendorong inovasi dalam proses pemrosesan logam. Proses bubut, sebagai teknik yang sering digunakan untuk pembentukan komponen presisi, memerlukan perhatian khusus, terutama terkait dengan penggunaan pahat. Pahat *High-Speed Steel* (HSS) banyak dipilih dalam pemrosesan ini berkat ketahanannya terhadap suhu tinggi dan kemampuannya untuk memotong pada kecepatan tinggi.

Meskipun pahat HSS memiliki keunggulan tertentu, masalah keausan pahat tetap menjadi tantangan signifikan yang dapat mempengaruhi kualitas produk, efisiensi proses, dan biaya produksi. Oleh karena itu, optimasi metode pendinginan sangat penting, karena metode ini dapat

mengendalikan suhu pahat dan material kerja selama proses bubut. Dalam kajian literatur, beberapa metode pendinginan telah diidentifikasi sebagai opsi potensial, termasuk penggunaan campuran *solube oil* dan air dengan perbandingan 1:30, 1:40, serta udara (tanpa pendinginan). Penggunaan *solube oil* (bromus) yang dicampur dengan air dapat memberikan efek pendinginan yang efektif pada area pemotongan dan mengurangi gesekan. Di sisi lain, pendinginan menggunakan udara sering dianggap sebagai opsi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis, meskipun dengan efisiensi pendinginan yang mungkin lebih rendah dibandingkan dengan campuran *solube oil* dan air.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pengaruh variasi metode pendinginan (*solube oil* dan air 1:30, *solube oil* dan air 1:40, serta udara (tanpa pendinginan)) terhadap umur pahat HSS dalam proses bubut menggunakan material ST37. ST37, yang merupakan baja karbon rendah, banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi dan manufaktur umum. Dengan mempertimbangkan sifat termal dan mekanisnya, penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana masing-masing metode pendinginan mempengaruhi suhu pahat, perpindahan panas, dan tingkat keausan pahat. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan mendalam tentang efektivitas masing-masing variasi metode pendinginan dan kedalaman potong dalam mempertahankan daya tahan pahat HSS selama proses bubut dengan material ST37. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis untuk memilih metode pendinginan yang optimal, dengan mempertimbangkan efisiensi, biaya, dan dampak lingkungan, serta memberikan kontribusi pada pengembangan praktik manufaktur yang lebih maju dan berkelanjutan di sektor pembubutan.

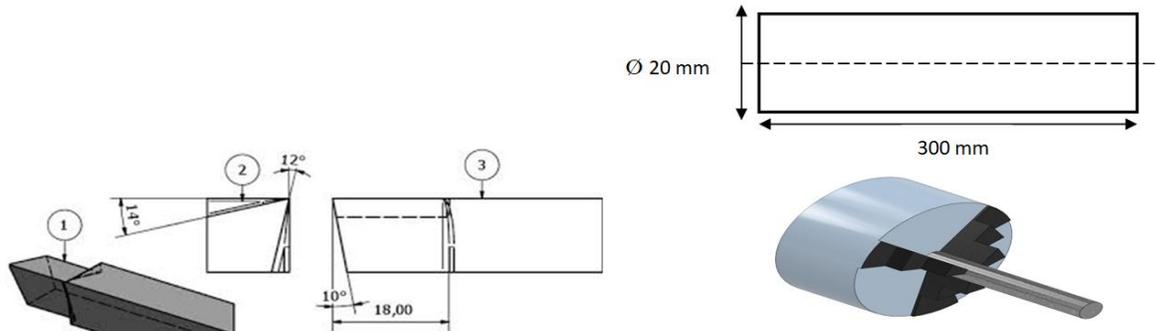
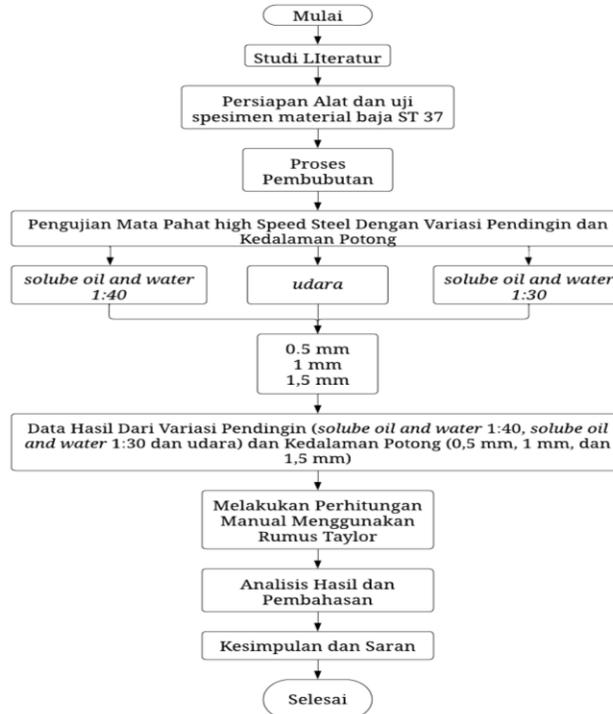
## METODE

Pelaksanaan proses pembubutan pada benda kerja dari material baja ST 37 serta analisis data yang diperoleh dari pengujian variasi pendinginan dan kedalaman potong dilakukan di Gedung B, khususnya di bengkel perkakas Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis, Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau. Berikut disajikan alat dan bahan yang digunakan pada proses penelitian ini.

Tabel 1. Alat dan Bahan Proses Penelitian

Alat	Bahan
Mesin Bubut Konvensional	Material Baja ST 37
Mesin Gerinda	Solube Oil (Bromus)
Mikroskop	
Mesin Gergaji Potong	
Kunci Cuck	
Jangka Sorong	
Stopwatch	
Pahat High-Speed Steel	

Berlangsungnya proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 1. Desain Mata Pahat HSS dan Desain Cuck dan Material Benda Kerja

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap. Data diambil dengan mempersiapkan benda kerja baja ST 37 berdiameter 20 mm dan semua perlengkapan seperti pahat, mesin bubut, alat ukur, dan mikroskop. Mesin bubut diatur dengan parameter seperti putaran spindle, kecepatan potong, dan kedalaman potong (0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm) untuk setiap jenis pendinginan (solube oil dan air 1:30, 1:40, serta udara). Pengujian dilakukan tiga kali untuk setiap kombinasi, kemudian pahat diganti dan diuji dengan variasi pendinginan berikutnya. Setelah proses bubut, keausan pahat diukur menggunakan mikrometer dan mikroskop. Umur pahat dihitung menggunakan rumus Taylor setelah semua percobaan selesai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengujian

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian material untuk memastikan karakteristik baja ST 37. Selanjutnya, mata pahat high-speed steel diuji dengan berbagai jenis pendingin dan kedalaman potong. Jenis pendingin yang digunakan meliputi: 1) Soluble oil dan air dengan rasio 1:40, 2) Udara, dan 3) Soluble oil dan air dengan rasio 1:30. Setiap variasi pendingin diuji pada tiga kedalaman potong yang berbeda—0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm—setelah terlebih dahulu menghitung gaya potong yang dihasilkan dari kedalaman potong tersebut.

### 1) Perhitungan Gaya Potong

Untuk menghitung gaya potong dalam proses bubut, diperlukan pemahaman mengenai parameter proses serta penggunaan data eksperimen atau referensi teknis guna memperoleh hasil yang akurat.

- *Penyelesaian untuk kedalaman potong 0,5 mm*

Dik:

$$K_s = 38,531 \text{ N/mm}$$

$$D = 0,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,19 \text{ mm}$$

Menggunakan rumus diatas:

1. Hitung luas penampang material yang dipotong ( $A_c$ )

$$A_c = 0,5 \times 0,19 \\ = 0,095 \text{ mm}$$

2. Hitung gaya potong ( $F_c$ )

$$F_c = 38,531 \times 0,095 \\ = \mathbf{3,66 \text{ N}}$$

(Jadi gaya potong dengan kedalaman potong 0,5 mm sebesar 3,66 N)

- *Penyelesaian untuk kedalam potong 1 mm*

Dik:

$$K_s = 38,531 \text{ N/mm}$$

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$f = 0,19 \text{ mm}$$

1. Hitung luas penampang material yang dipotong ( $A_c$ )

$$A_c = 1 \times 0,19 \\ = 0,19 \text{ mm}$$

2. Hitung gaya potong ( $F_c$ )

$$F_c = 38,531 \times 0,19 \\ = \mathbf{7,32 \text{ N}}$$

(Jadi gaya potong dengan kedalaman potong 1 mm sebesar 7,32 N)

- *Penyelesaian untuk kedalam potong 1,5 mm*

Dik:

$$K_s = 38,531 \text{ N/mm}$$

$$d = 1,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,19 \text{ mm}$$

1. Hitung luas penampang material yang dipotong ( $A_c$ )

$$A_c = 1,5 \times 0,19 \\ = 0,28 \text{ mm}$$

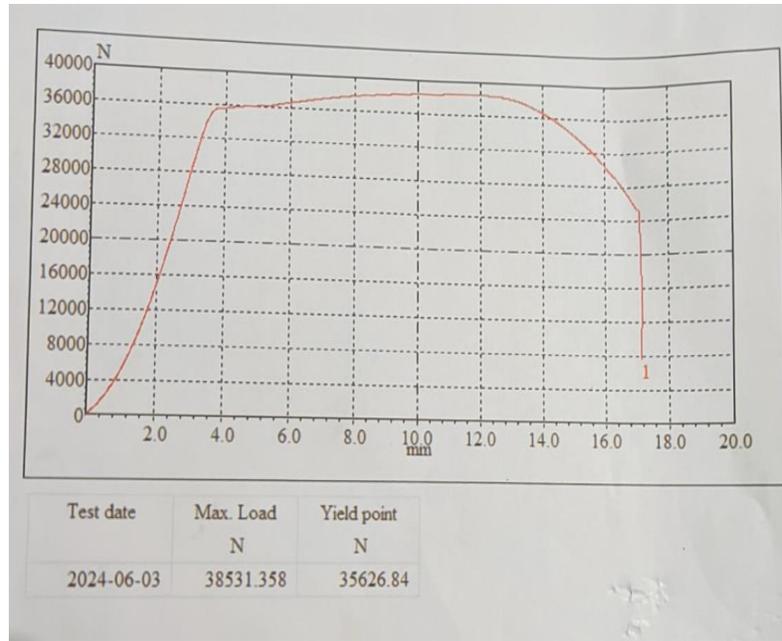
2. Hitung gaya potong ( $F_c$ )

$$F_c = 38,531 \times 0,28 \\ = \mathbf{10,78 \text{ N}}$$

(Jadi gaya potong dengan kedalaman potong 1,5 mm sebesar 10,78 N)

### 2) Hasil Pengujian Material Baja ST 37

Berikut ini adalah data hasil dari spesimen pengujian material Baja ST 37 dengan diameter uji 10 mm panjang 300 mm yang telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik kekuatan tarik baja ST 37 tersebut:



**Gambar 2.** Grafik Data Hasil Uji Tarik  
 Sumber: Olahan Peneliti, 2024

Beban maksimal menunjukkan kapasitas tertinggi material dalam menahan beban tarik sebelum mulai mengalami penurunan beban. Pada baja ST 37, gaya beban maksimal ini adalah 38.531 N. Sehingga untuk mengetahui baja tersebut baja ST 37 maka dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{f}{A} \dots\dots\dots (4.1)$$

$\sigma$  = Tegangan (stress) dalam N/mm<sup>2</sup> (atau MPa)

F = Gaya dalam Newton (N)

A = Luas Penampang dalam (mm<sup>2</sup>)

- Langkah pertama kita harus mengetahui luas penampang dari material yang di uji dengan persamaan berikut:

$$L = \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots (4.2)$$

L = luas(mm<sup>2</sup>)

$\pi = 3,14$

$r^2 = \text{jar-jari (mm)}$

$L = 3,14 \times 5^2$

$L = 3,14 \times 25$

$L = 78,5 \text{ mm}^2$

Jadi luas penampang dari diameter 10 mm adalah 78,5mm<sup>2</sup>

- Langkah kedua menghitung tegangan (stress) untuk mengetahui dan membandingkan tegangan yang dihasilkan dengan kekuatan tarik yang telah diuji dengan menggunakan persamaan 4.1.

Diketahui: F = 38,531N/mm<sup>2</sup> A = 78,5mm<sup>2</sup>

$$\frac{38,531}{78,5} = 490 \text{ N/mm}^2$$

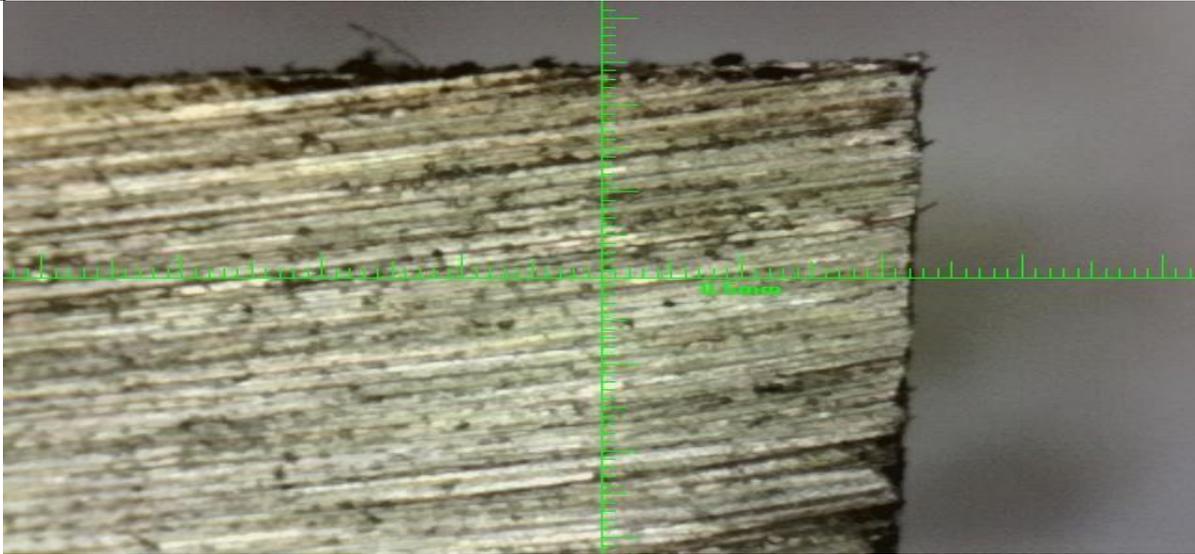
Jadi tegangan 490 N/mm<sup>2</sup> atau MPa termasuk dalam kisaran kekuatan tarik baja ST 37.

**3) Data Hasil Pengujian Pada Pahat Bubut High Speed Steel**

- Menentukan Rata-Rata Keausan (VB) Dengan Menggunakan Mikroskop

Data yang dikumpulkan meliputi rata-rata keausan mata pahat dan mencakup pengamatan terhadap kondisi pemotongan dan hasil akhir dari setiap jenis pendingin dengan kedalaman potong

yang berbeda. Terlebih dahulu berikut penulis sajikan mata pahat sebelum dilakukan proses pembubutan.



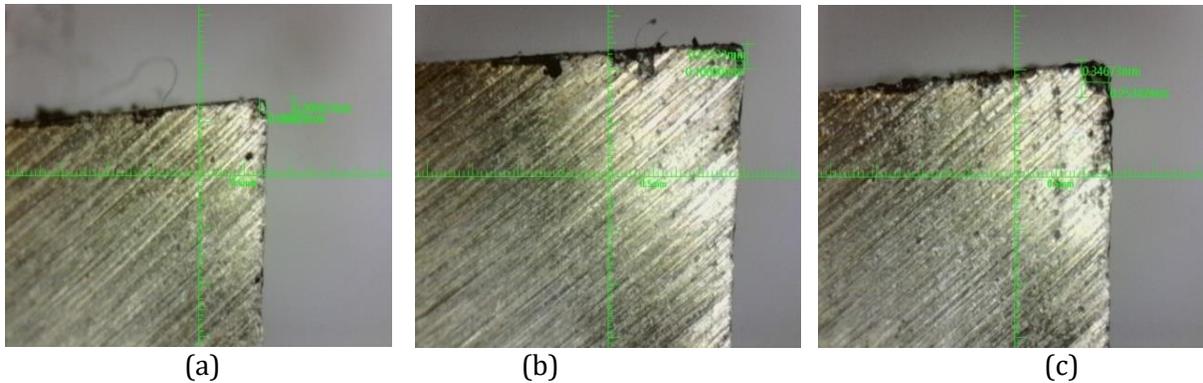
Gambar 3. Mata Pahat Sebelum dilakukan Proses Pembubutan  
 Sumber: Olahan Peneliti, 2024

1. Hasil Pengujian Menggunakan Pendingin *Solube oil and Water* 1:30 dengan kedalaman 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm

**Tabel 2.** Rata-Rata Keausan Menggunakan Pendingin rasio 1:30 Dengan Kedalaman Potong 0.5 mm, 1 mm dan 1.5mm

No	Jenis Pendingin	Kedalaman Potong (mm)	Keausan (mm)	Rata- rata VB (mm)
1	<i>Solube oil and water</i> 1:30	0,5	0,08	0,216
2			0,23	
3			0,34	
4		1	0,17	0,266
5			0,25	
6			0,38	
7		1,5	0,16	0,273
8			0,27	
9			0,39	

Tabel 2 di atas menyajikan hasil pengujian keausan pahat dengan menggunakan pendingin *solube oil* dan air dengan rasio 1:30 pada berbagai kedalaman potong. Pengujian dilakukan pada kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Pada kedalaman potong 0,5 mm, rata-rata keausan pahat adalah 0,216 mm, dengan nilai keausan yang bervariasi antara 0,08 mm hingga 0,34 mm. Untuk kedalaman potong 1 mm, rata-rata keausan pahat meningkat menjadi 0,266 mm, dengan nilai keausan yang berkisar antara 0,17 mm hingga 0,38 mm. Pada kedalaman potong 1,5 mm, rata-rata keausan pahat adalah 0,273 mm, dengan rentang nilai keausan antara 0,16 mm hingga 0,39 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa keausan pahat cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman potong, meskipun penggunaan pendingin *solube oil* dan air dengan rasio 1:30 tetap efektif dalam mengurangi keausan pahat pada berbagai kedalaman potong.



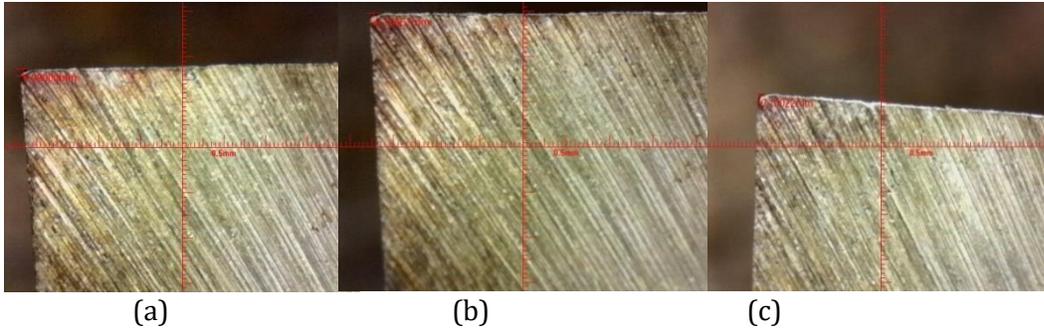
Gambar 4. (a) proses penyayatan yang pertama menunjukkan keausan 0,08 mm (b) proses penyayatan yang kedua menunjukkan keausan 0,23 mm (c) proses penyayatan yang ketiga menunjukkan keausan 0,34 mm (diperoleh dari aplikasi alat mikroskop dengan 1500X zoom)

2. Hasil Pengujian Menggunakan Pendingin *Solube oil and Water* 1:40 Dengan Kedalaman 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm

**Tabel 3.** Rata-Rata Keausan Menggunakan Pendingin rasio 1:40 Dengan Kedalaman Potong 0.5 mm, 1 mm dan 1.5mm

No	Jenis Pendingin	Kedalaman Potong (mm)	Keausan (mm)	Rata- rata VB (mm)
1	<i>Solube oil and water</i> 1:40	0,5	0,08	0,093
2			0,10	
3			0,10	
4		1	0,06	0,103
5			0,12	
6			0,13	
7		1,5	0,18	0,203
8			0,20	
9			0,23	

Pengujian dilakukan menggunakan pendingin *solube oil and water* dengan rasio 1:40 pada kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Hasil rata-rata keausan pahat tercantum dalam Tabel 3. Pada kedalaman potong 0,5 mm, keausan pahat tercatat sebesar 0,08 mm, 0,10 mm, dan 0,10 mm, dengan rata-rata keausan (VB) sebesar 0,093 mm. Pada kedalaman potong 1 mm, keausan pahat tercatat sebesar 0,06 mm, 0,12 mm, dan 0,13 mm, dengan rata-rata VB sebesar 0,103 mm. Sedangkan pada kedalaman potong 1,5 mm, keausan pahat tercatat sebesar 0,18 mm, 0,20 mm, dan 0,23 mm, dengan rata-rata VB sebesar 0,203 mm. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar kedalaman potong, semakin tinggi tingkat keausan pahat. Hal ini menunjukkan hubungan langsung antara kedalaman potong dan keausan pahat pada penggunaan pendingin *solube oil and water* dengan rasio 1:40.



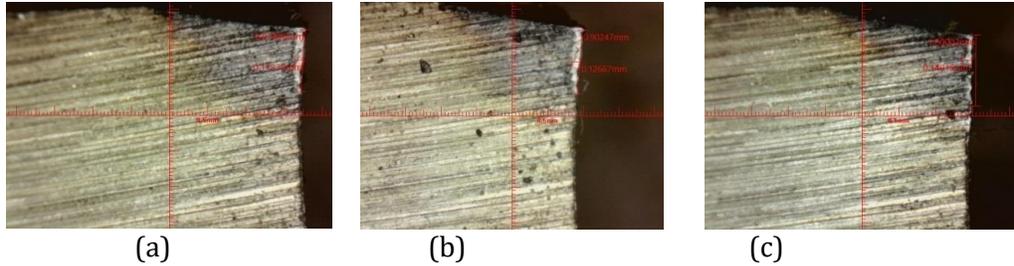
Gambar 5. (a) proses penyayatan yang pertama menunjukkan keausan 0,08 mm (b) proses penyayatan yang kedua menunjukkan keausan 0,10 mm (c) proses penyayatan yang ketiga menunjukkan keausan 0,10 mm (diperoleh dari aplikasi alat mikroskop dengan 1500X zoom)

3. Hasil Pengujian Menggunakan Udara (tanpa pendingin) Dengan Kedalaman 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm

Tabel 4. Rata-Rata Keausan Menggunakan Udara (tanpa pendingin) Dengan Kedalaman Potong 0.5 mm, 1 mm dan 1.5mm

No	Jenis Pendingin	Kedalaman Potong (mm)	Keausan (mm)	Rata- rata VB (mm)
1	Udara (tanpa pendingin)	0,5	0,11	0,123
2			0,12	
3			0,14	
4		1	0,12	0,156
5			0,15	
6			0,20	
7		1,5	0,17	0,203
8			0,18	
9			0,26	

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keausan pahat high-speed steel (HSS) menggunakan udara (tanpa pendingin) dengan variasi kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 4. Pada kedalaman potong 0,5 mm, keausan pahat tercatat sebesar 0,11 mm, 0,12 mm, dan 0,14 mm, menghasilkan rata-rata keausan (VB) sebesar 0,123 mm. Ketika kedalaman potong ditingkatkan menjadi 1 mm, keausan pahat yang terukur adalah 0,12 mm, 0,15 mm, dan 0,20 mm, dengan rata-rata keausan sebesar 0,156 mm. Pada kedalaman potong 1,5 mm, keausan pahat tercatat sebesar 0,17 mm, 0,18 mm, dan 0,26 mm, menghasilkan rata-rata keausan tertinggi sebesar 0,203 mm. Dari hasil ini, terlihat bahwa keausan pahat meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman potong saat menggunakan udara sebagai pendingin. Rata-rata keausan tertinggi ditemukan pada kedalaman potong 1,5 mm, menunjukkan bahwa kondisi pemotongan yang lebih dalam meningkatkan tingkat keausan pahat secara signifikan.



Gambar 6. a) proses penyayatan yang pertama menunjukkan keausan 0,11 mm (b) proses penyayatan yang kedua menunjukkan keausan 0,12 mm (c) proses penyayatan yang ketiga menunjukkan keausan 0,14 mm (diperoleh dari aplikasi alat mikroskop dengan 1500X zoom)

• Hasil Perhitungan Umur Pahat

Perhitungan untuk menentukan umur pahat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus umur pahat Taylor sebagai berikut:

$$\log T = \frac{1}{n} \log CTVB - \frac{1}{n} \log v + \frac{m}{n} \log VB - \frac{p}{n} \log h - \frac{q}{n} \log b$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan umur pahat sebagaimana tersaji pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Umur Pahat

No	Variasi Pendingin	Kecepatan putaran spindel(rpm)	Kecepatan Potong (m/menit)	kedalaman Potong (mm)	Keausan mata pahat (mm)			VB Rata-Rata Keausan Pahat (mm)	Rata-Rata Umur Pahat (menit)
					1	2	3		
1	Udara (Tanpa pendingin)	300	19	0,5	0,11	0,12	0,14	0,123	11.88
2				1	0,12	0,15	0,20	0,156	14.96
3				1,5	0,17	0,18	0,26	0,203	14.62
4	Solube oil dan water (1:30)	300	19	0,5	0,08	0,23	0,34	0,216	25.46
5				1	0,17	0,25	0,38	0,266	11.09
6				1,5	0,16	0,27	0,39	0,273	26.6
7	Solube oil dan water (1:40)	300	19	0,5	0,08	0,10	0,10	0,093	68.39
8				1	0,06	0,12	0,13	0,103	65,31
9				1,5	0,18	0,20	0,23	0,203	14,62

B. Pembahasan Analisa Metode Taguchi Menggunakan Software Minitab

1) Analisa Metode Taguchi Untuk Umur Pahat

Setelah melakukan pengambilan data dan menghitung rata-rata untuk umur pahat seperti pada tabel diatas, selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan metode taguchi sebagaimana berikut ini:

• Main Effect Plot For SN Ratios

Linear Model Analysis: SN ratios versus pendingin, kedalaman potong

Estimated Model Coefficients for SN ratios

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	26.9006	1.932	13.923	0.000
pendingin udara	-4.1360	2.732	-1.514	0.205
pendingin ratio 1:30	-1.0628	2.732	-0.389	0.717

kedalaman 0.5	-1.8688	2.732	-0.684	0.532
kedalaman 1.0	-0.0017	2.732	-0.001	1.000

Model Summary

S	R-Sq	R-Sq(adj)
5.7961	53.84%	7.69%

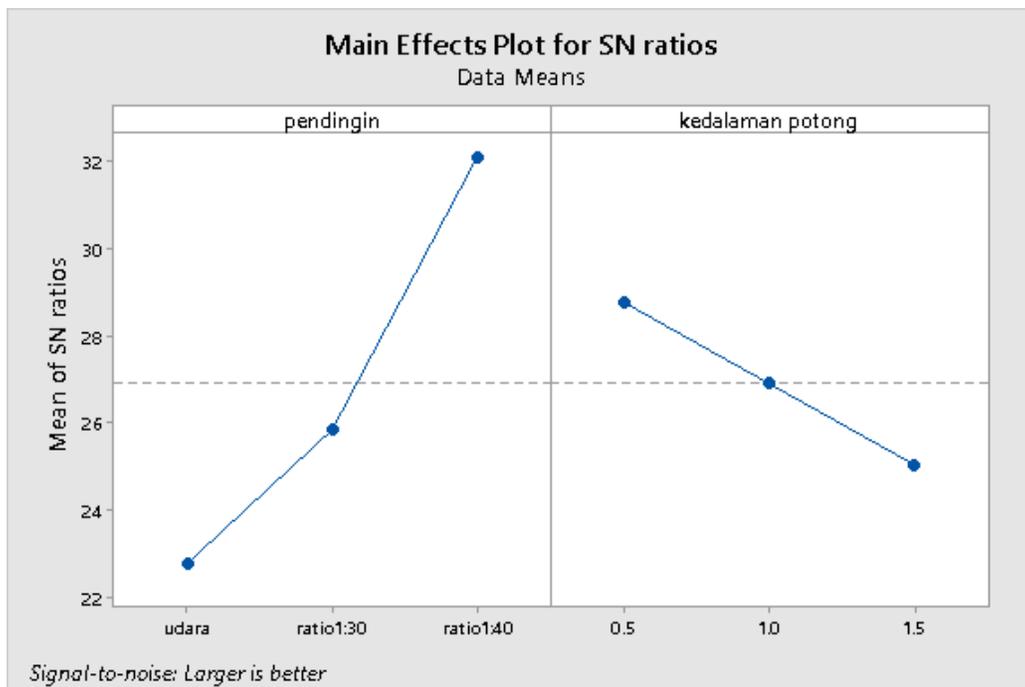
Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
pendingin	2	135.79	135.79	67.90	2.02	0.247
kedalaman potong	2	20.97	20.97	10.49	0.31	0.748
Residual Error	4	134.38	134.38	33.59		
Total	8	291.14				

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	pendingin	kedalaman potong
1	22.76	25.03
2	25.84	26.90
3	32.10	28.77
Delta	9.33	3.74
Rank	1	2



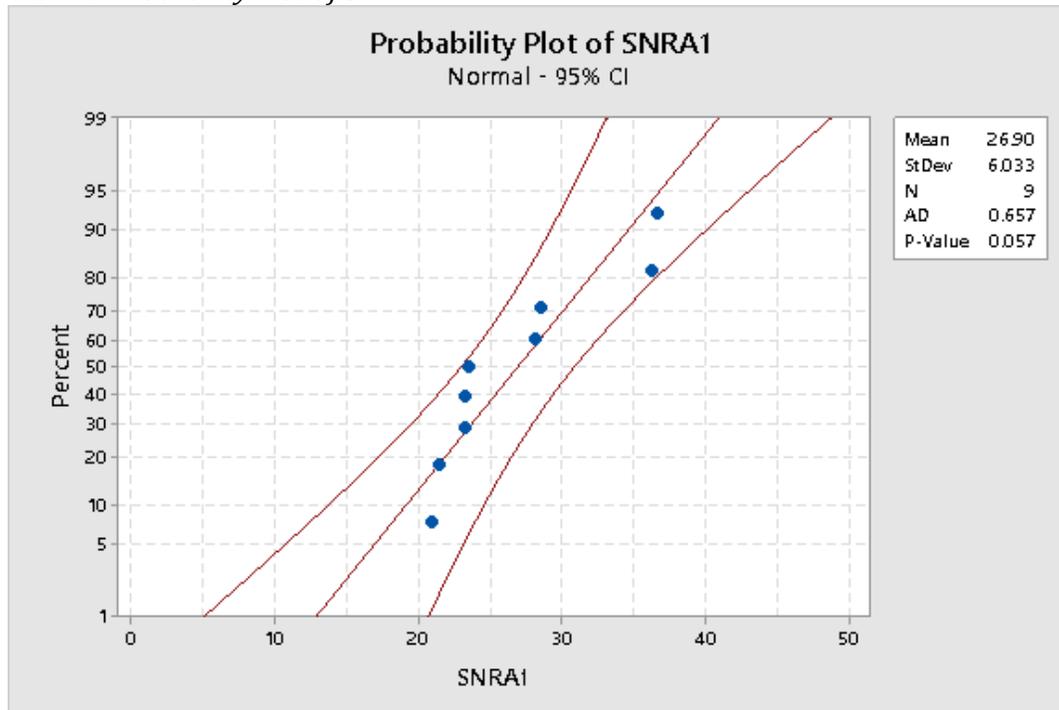
**Gambar 7.** Main Effect Plot For SN Ratios Untuk Umur Pahat

Sumber: Aplikasi Minitab

Grafik diatas merupakan plot efek utama untuk rasio SN (*Signal-to-Noise*) yang mengilustrasikan pengaruh dua faktor, yaitu "pendingin" dan "kedalaman potong," terhadap rasio SN. Grafik terbagi menjadi dua bagian: sisi kiri menunjukkan faktor pendingin dengan tiga kondisi

(rasio 1:30, rasio 1:40, dan udara), sedangkan sisi kanan menunjukkan faktor kedalaman potong dengan tiga tingkatan (0,5 mm, 1,0 mm, dan 1,5 mm). Dari grafik tersebut, terlihat bahwa rasio SN tertinggi dicapai pada kondisi pendingin dengan rasio 1:40, sedangkan pada kondisi tanpa pendingin (udara), rasio SN paling rendah. Untuk faktor kedalaman potong, rasio SN menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman potong dari 0,5 mm ke 1,5 mm. Kesimpulannya, penggunaan pendingin dengan rasio 1:40 dan kedalaman potong 0,5 mm menghasilkan rasio SN yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi lainnya, menunjukkan bahwa kombinasi ini memberikan performa yang optimal dalam konteks pengujian ini.

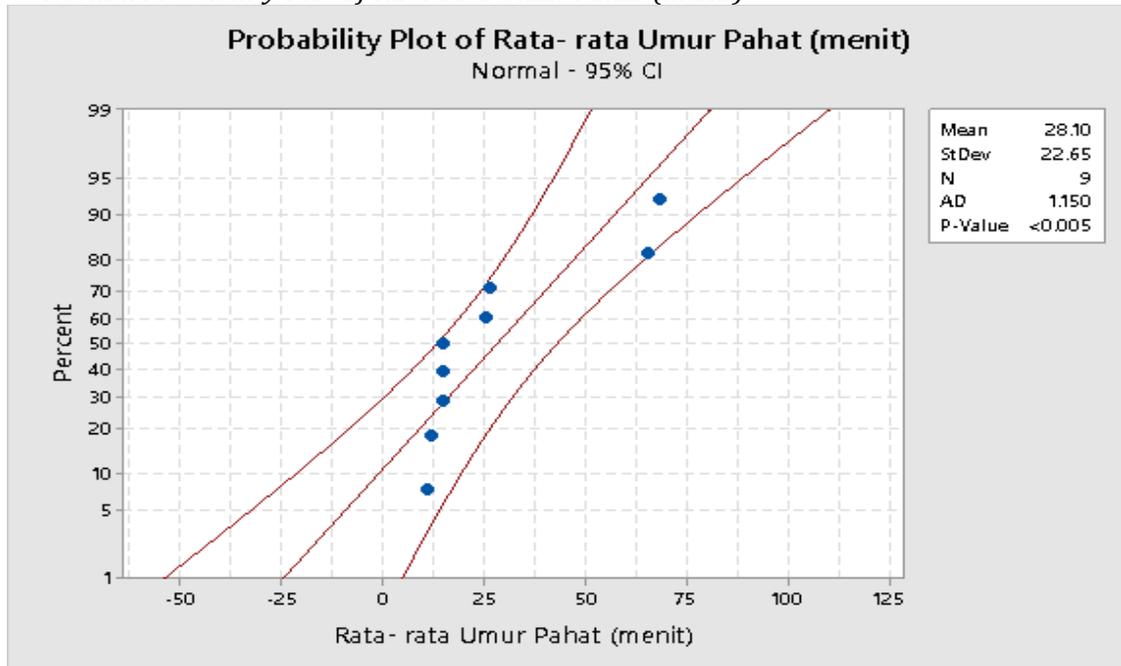
- *Normal Probability Plot Of SNRA1*



**Gambar 8.** Probability Plot of SNRA1 Untuk Umur Pahat  
 Sumber: Aplikasi Minitab

Grafik Normal Probability Plot menggambarkan distribusi residual dari respons terhadap rasio signal-to-noise (SN ratios). Pada sumbu horizontal, nilai residual ditampilkan, sementara sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif. Titik-titik data pada grafik ini dibandingkan dengan garis merah yang merepresentasikan distribusi normal. Jika residual tersebut mengikuti distribusi normal, titik-titik data akan berada di sekitar garis lurus tersebut. Dalam grafik ini, terlihat bahwa sebagian besar titik data berada dekat dengan garis lurus, meskipun terdapat beberapa penyimpangan kecil. Hal ini menunjukkan bahwa residual umumnya mendekati distribusi normal. Dengan p-value sebesar 0,057 yang tidak terlalu jauh dari 0,05, tidak terdapat bukti yang cukup kuat untuk menyatakan bahwa data SNRA1 tidak mengikuti distribusi normal. Dengan kata lain, data residual ini dapat dianggap mengikuti distribusi normal. Penting untuk memahami bahwa distribusi normal residual adalah asumsi kunci dalam banyak analisis statistik, termasuk analisis varians dan regresi. Ketika residual mengikuti distribusi normal, validitas kesimpulan statistik yang diambil dari analisis meningkat. Dalam kasus ini, meskipun terdapat beberapa penyimpangan kecil dari garis normal, keseluruhan data menunjukkan kecenderungan yang cukup dekat dengan distribusi normal, memungkinkan untuk melanjutkan analisis dengan asumsi tersebut.

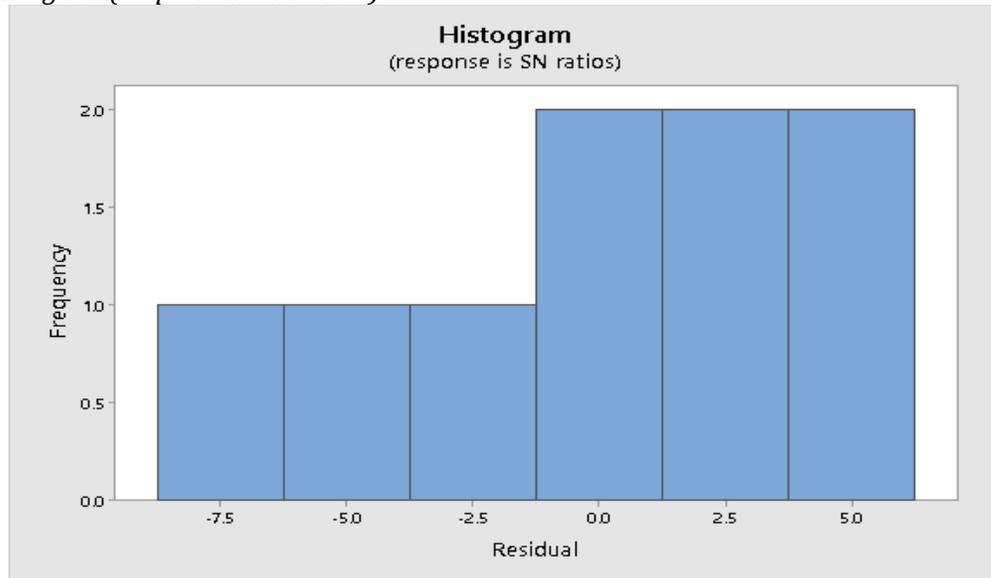
- *Normal Probability Plot Of Rata-rata Umur Pahat (menit)*



**Gambar 9.** Normal Probability Plot Of Rata-rata Umur Pahat (menit)  
 sumber: Aplikasi Minitab

Sajian grafik di atas menunjukkan Normal Probability Plot untuk rata-rata umur pahat (menit) yang dihasilkan dari aplikasi Minitab. Grafik ini memperlihatkan bahwa sebagian besar nilai residual mendekati distribusi normal, dengan banyak titik data yang terletak di sekitar garis referensi merah. Hal ini menunjukkan kesesuaian yang baik antara residual dan distribusi normal. Plot ini mengindikasikan bahwa model yang digunakan memiliki distribusi residual yang mendekati normal. Hal ini didukung oleh p-value sebesar 0,005, yang menunjukkan bahwa ada sedikit bukti untuk menolak hipotesis bahwa residual berdistribusi normal. Dengan kata lain, meskipun ada beberapa penyimpangan kecil, sebagian besar data residual berada cukup dekat dengan distribusi normal. Penting untuk dicatat bahwa distribusi normal residual adalah asumsi yang penting dalam banyak analisis statistik. Ketika residual mengikuti distribusi normal, asumsi ini memperkuat validitas hasil dan kesimpulan dari analisis yang dilakukan. Dalam konteks penelitian ini, hasil Normal Probability Plot mendukung penggunaan model yang diandalkan untuk memprediksi dan menganalisis umur pahat, karena residualnya menunjukkan perilaku yang sesuai dengan distribusi normal.

- *Histogram(response is SN ratios)*



**Gambar 10.** Histogram (*response is SN ratios*) Untuk Umur Pahat  
Sumber: Aplikasi Minitab

Gambar tersebut menampilkan histogram residu yang terkait dengan rasio Sinyal terhadap Noise (SN ratios). Histogram ini memberikan visualisasi distribusi frekuensi dari residu data yang dianalisis. Pada sumbu horizontal (x), nilai residu berkisar dari sekitar -7.5 hingga 5.0, sementara pada sumbu vertikal (y), frekuensi atau jumlah kejadian masing-masing nilai residu ditampilkan. Dari histogram ini, dapat dilihat bahwa sebagian besar residu berkumpul di sekitar nilai 0, dengan frekuensi tertinggi berada pada rentang nilai residu 0 hingga 5.0. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi model sangat dekat dengan data aktual, karena residu yang kecil menandakan perbedaan yang minimal antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai yang sebenarnya. Distribusi residu yang terkonsentrasi di sekitar nol mengindikasikan bahwa model yang digunakan memiliki performa yang baik dalam memprediksi data. Jika residu tersebar luas dan tidak berpusat di sekitar nol, ini akan menunjukkan adanya bias atau ketidakakuratan dalam model. Namun, dalam kasus ini, distribusi yang terpusat menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model relatif kecil. Selain itu, penting untuk memperhatikan bentuk dan simetri histogram residu. Sebuah histogram yang simetris di sekitar nol menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model tidak cenderung ke arah tertentu, yang merupakan indikasi tambahan dari performa model yang baik. Sebaliknya, jika histogram menunjukkan *skewness* atau ketidakseimbangan, hal ini bisa menjadi tanda adanya masalah sistematis dalam model yang perlu diperbaiki. Kesimpulannya, histogram residu ini menunjukkan bahwa model memiliki akurasi prediksi yang baik dengan sebagian besar residu mendekati nol, menandakan bahwa perbedaan antara prediksi dan nilai aktual minimal. Hal ini memperkuat kepercayaan bahwa model dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut dan aplikasi praktis.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan cairan pendingin soluble oil dengan rasio 1:40 memberikan umur pahat tertinggi, yaitu 68,39 menit, dibandingkan dengan rasio 1:30 dan udara tanpa pendingin. Oleh karena itu, cairan pendingin ini disarankan sebagai alternatif yang lebih efektif untuk meningkatkan umur pahat dan efisiensi pemotongan. Selain itu, kedalaman potong 0,5 mm terbukti sebagai kedalaman terbaik untuk memperpanjang umur pahat, karena pada kedalaman ini, pahat High Speed Steel (HSS) mengalami keausan yang lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman lainnya. Kombinasi penggunaan cairan

pendingin soluble oil dengan rasio 1:40 dan kedalaman potong 0,5 mm memberikan efisiensi maksimal, dengan umur pahat mencapai 68,39 menit, sehingga menunjukkan hasil yang optimal dalam mempertahankan umur pahat selama proses pemotongan.

Kemudian atas hasil yang telah diperoleh, peneliti memiliki beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, diantaranya adalah: melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi rasio cairan pendingin di luar 1:30 dan 1:40, menggunakan material pahat selain High Speed Steel (HSS) untuk hasil yang lebih luas, menguji material selain baja ST 37, dan mengembangkan cairan pendingin ramah lingkungan untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menjaga efisiensi pemotongan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amirin, S. (2020). *Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap hasil pembubutan rata kiri material baja st 60 diameter 38 pada mesin bubut konvensional laporan tugas akhir*.
- Chamdy, A. (2016). Pengaruh Variasi Cairan Pendingin Emulsi dan Kecepatan Gerak Pemakanan Baja St37 Menggunakan Pahat Hss terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Pembubutan. *Cairan Pendingin, Kecepatan Gerak Pemakanan, Kekasaran Tujuan*, 61.
- Dwilaksana, D., & Widyansyah, D. Y. (2018). Analisis Metode Pendinginan pada Keausan Pahat High Speed Steel ( HSS ) Pada Proses Bubut. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIII, 2018*(November), 234–238.
- Effendi, Zulnasri, & M. Yusuf. (2021). Analisa Geometri Bentuk Pahat Bubut Tipe Hss Pada Proses Finishing Terhadap Keausan Permukaan Pahat Dan Benda Kerja Dalam Membubut. *Meteor STIP Marunda, 14*(1), 31–37. <https://doi.org/10.36101/msm.v14i1.178>
- Nugroho, S., & Senoaji, K. (2010). Pahat Bubut High Speed Steel (Hss) Boehler Tipe Molibdenum (M2) Dan Tipe Cold Work Tool Steel (a8). *Rotasi, 12*(3), 19-26–26.
- Nurlela, N., & Ikhsanudin, I. (2023). Efek Perbedaan Kecepatan dan Kedalaman Potong pada Mesin Bubut terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja ST 37. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 21*(2), 198. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i2.3795>
- Qamaruddin, & Rahmanto, R. H. (2018). Analisis Kekerasan dan Keausan Pahat Bubut HSS. *Jurnal Teknik Mesin, 47*–50.
- Rifai, M. (2018). *Analisis Keausan Pahat pada Pemesinan Bubut Menggunakan Pahat Putar Modular (Modular Rotary Tools) Untuk Material Titanium 6Al-4V ELI*. 1–91.
- Suprpto, A., & Teknik Mesin, J. (2013). Karakteristik Keausan dan Umur Pahat HSS Hasil Quenching Melalui Pendinginan Nitrogen pada Proses Pembubutan Al-T-6061. *Jurnal Mechanical, 4*(2), 22–31.
- Widiyawati, S., Novareza, O., Sulistyarini, D. H., & Putro, W. W. (2020). Pengaruh Penggunaan Cairan Pendingin (Coolant) terhadap Keausan Pahat Bubut HSS. *Jurnal Rekayasa Mesin, 11*(3), 467–475. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.03.19>