

## PENGARUH VARIASI SUDUT PAHAT HSS PADA PROSES PEMBUBUTAN TERHADAP KEKASARAN DAN KEKERASAN BAJA AISI 1045 DENGAN MEDIA PENDINGIN DROMUS

Bayu Segara<sup>1\*</sup>, Hasan Basri<sup>2</sup>, Sukarmansyah<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Universitas Sriwijaya

\*[Bsegara252@gmail.com](mailto:Bsegara252@gmail.com)

### Abstract

*The surface produced from the turning process has a significant role in the performance of a product, especially in the aspects of friction, wear, and lubrication system. This study aims to analyze the effect of HSS (High Speed Steel) tool angle variations of 60°, 75°, and 80° on the roughness and hardness of the surface of AISI 1045 steel (HQ 760) using Dromus cooling medium. The turning process was carried out with a feeding depth of 1 mm and a fixed rotation speed of 460 rpm, followed by roughness testing using the TR200 Portable Roughness Tester and hardness testing using the Rockwell Hardness Tester. The test results showed that the 60° tool angle resulted in the highest surface roughness with an average of 3,745 μm, while the 75° and 80° angles resulted in a smoother surface, with an average value of 3,115 μm and 3,129 μm, respectively. In hardness testing, the 80° tool angle provides the highest hardness value of 37.50 HRC, due to the even pressure distribution and temperature increase during turning that affects the microstructure of the steel. In contrast, a 60° tool angle results in a hardness close to that of the starting material of 34.70 HRC. This study provides important insights into the optimization of tool angles in the turning process to produce the desired surface characteristics.*

**Keyword:** Chisel Angle, AISI 1045 Steel, Surface Roughness, Rockwell Hardness

### Abstrak

Permukaan yang dihasilkan dari proses pembubutan memiliki peran signifikan terhadap kinerja suatu produk, khususnya dalam aspek gesekan, keausan, dan sistem pelumasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut pahat HSS (*High Speed Steel*) sebesar 60°, 75°, dan 80° terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan baja AISI 1045 (HQ 760) menggunakan media pendingin Dromus. Proses pembubutan dilakukan dengan kedalaman makan 1 mm dan kecepatan putaran tetap sebesar 460 rpm, diikuti pengujian kekasaran menggunakan alat uji TR200 *Portable Roughness Tester* dan pengujian kekerasan menggunakan *Rockwell Hardness Tester*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sudut pahat 60° menghasilkan kekasaran permukaan tertinggi dengan rata-rata 3,745 μm, sementara sudut 75° dan 80° menghasilkan permukaan yang lebih halus, masing-masing dengan nilai rata-rata 3,115 μm dan 3,129 μm. Dalam pengujian kekerasan, sudut pahat 80° memberikan nilai kekerasan tertinggi sebesar 37,50 HRC, disebabkan oleh distribusi tekanan yang merata dan peningkatan suhu selama pembubutan yang memengaruhi struktur mikro baja. Sebaliknya, sudut pahat 60° menghasilkan kekerasan mendekati material awal sebesar 34,70 HRC. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang optimasi sudut pahat dalam proses pembubutan untuk menghasilkan karakteristik permukaan yang diinginkan.

**Kata kunci :** Sudut Pahat, Baja AISI 1045, Kekasaran Permukaan, Kekerasan Rockwell

## Pendahuluan

Industri manufaktur dewasa ini terus berkembang pesat seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu indikator utama dalam perkembangan ini adalah meningkatnya hasil produksi yang juga diimbangi dengan tuntutan kualitas produk yang semakin tinggi. Dalam industri manufaktur, mesin bubut menjadi salah satu alat utama yang memiliki peran penting dalam menghasilkan komponen-komponen mesin, seperti poros, roda gigi, dan rantai (Van Harling & Apasi, 2018). Proses pembubutan tidak hanya bertujuan untuk membentuk material menjadi geometri yang diinginkan, tetapi juga memastikan permukaan yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai, baik dari segi kekasaran maupun kekerasan. Kekasaran permukaan memengaruhi berbagai aspek performa produk, seperti gesekan, keausan, dan efisiensi pelumasan, sedangkan kekerasan permukaan menentukan ketahanan material terhadap deformasi selama penggunaannya (HARTANTO, 2019).

Pada proses pembubutan, berbagai faktor memengaruhi kualitas hasil akhir, seperti kecepatan putaran, kedalaman pemakanan, media pendingin, serta sudut potong pahat. Pahat yang digunakan harus memiliki sifat mekanis yang unggul, seperti tahan terhadap panas, gesekan, dan keausan (Farehan, 2024). Dalam penelitian ini, dipilih pahat berbahan *High Speed Steel* (HSS), yang terkenal karena kekerasannya, keuletan, dan ketahanannya terhadap suhu tinggi selama proses pemotongan. Material benda kerja yang digunakan adalah baja AISI 1045 (HQ 760), yang merupakan baja karbon sedang dengan kandungan karbon sekitar 0,45%. Baja ini banyak digunakan dalam industri karena sifat mekanisnya yang baik, termasuk kemampuan untuk dikerjakan dengan berbagai teknik permesinan, termasuk pembubutan. Material ini juga memiliki *mikrostruktur* yang stabil, memungkinkan pengujian kekasaran dan kekerasan dilakukan secara optimal untuk memahami pengaruh proses pembubutan.

Parameter yang sangat penting dalam pembubutan adalah sudut potong pahat. Variasi sudut potong menentukan distribusi tekanan pada permukaan benda kerja, yang berdampak pada kekasaran dan kekerasan hasil pembubutan. Dalam konteks ini, penelitian ini mengkaji tiga variasi sudut potong pahat, yaitu 60°, 75°, dan 80°, untuk memahami bagaimana perubahan geometri pahat memengaruhi hasil akhir. Penelitian ini juga melibatkan penggunaan media pendingin Dromus, yang merupakan minyak mineral dengan kemampuan pelumasan dan pendinginan yang baik. Media ini membantu mengurangi panas yang dihasilkan selama proses pembubutan, memperpanjang umur pahat, dan meningkatkan kualitas permukaan benda kerja.

Kajian literatur mendukung pentingnya parameter-parameter ini dalam proses pembubutan. Menurut (SAPUTRA, 2024), elemen dasar seperti kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan sudut potong pahat memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas kekasaran dan kekerasan permukaan benda kerja. Mesin bubut, sebagai alat utama dalam proses ini, juga harus dalam kondisi optimal untuk memastikan proses pembubutan berjalan dengan presisi. Penggunaan alat

ukur seperti TR200 *Portable Roughness Tester* dan *Rockwell Hardness Tester* memungkinkan pengukuran hasil pembubutan dilakukan dengan akurat. TR200 mampu mengukur profil kekasaran permukaan, sedangkan *Rockwell Hardness Tester* digunakan untuk mengukur kekerasan material dengan metode indentasi (Bloul, Bourdim, Aour, & Harhout, 2017; Yao et al., 2020).

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi sudut potong pahat *High Speed Steel* (HSS) terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan baja AISI 1045 dengan menggunakan media pendingin *Dromus*. Penelitian ini bersifat eksperimental, di mana pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis data yang diperoleh secara sistematis. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium, yang bertujuan untuk mengamati pengaruh langsung dari perlakuan variabel terhadap hasil penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah sudut potong pahat HSS, yaitu 60°, 75°, dan 80°. Variabel terikatnya adalah kekasaran dan kekerasan permukaan benda kerja, sedangkan variabel kontrol meliputi bahan benda kerja (baja AISI 1045), kecepatan putaran mesin (460 rpm), kedalaman pemakanan (1 mm), dan media pendingin (*Dromus*). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengontrol variabel-variabel lain sehingga hasil penelitian dapat fokus pada pengaruh variabel utama.

Data penelitian ini diperoleh melalui serangkaian pengujian terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan benda kerja yang telah menjalani proses pembubutan. Penelitian dimulai dengan tahap persiapan benda kerja, di mana baja AISI 1045 dengan diameter awal 22 mm dan panjang 100 mm disiapkan sebagai bahan utama. Benda kerja ini kemudian dibubut menggunakan mesin bubut hingga mencapai diameter akhir 20 mm dan panjang 50 mm, dengan memanfaatkan pahat HSS (*High Speed Steel*) yang memiliki variasi sudut potong sebesar 60°, 75°, dan 80°. Selama proses pembubutan, media pendingin *Dromus* digunakan secara konsisten untuk memastikan hasil yang seragam dan mencegah deformasi akibat panas.

Selanjutnya, pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan TR200 *Portable Roughness Tester*. Alat ini digunakan untuk mengukur nilai Ra (*Roughness Average*), yaitu nilai rata-rata aritmetik kekasaran permukaan. Pengujian dilakukan dengan menempatkan alat secara horizontal di permukaan benda kerja, dan hasilnya langsung ditampilkan pada layar digital. Setelah itu, pengujian kekerasan permukaan dilanjutkan menggunakan *Rockwell Hardness Tester*. Alat ini menggunakan indentor berbentuk kerucut intan 120° dengan beban 150 kg untuk mengukur nilai kekerasan permukaan (HRC) benda kerja setelah pembubutan, yang hasilnya juga langsung ditampilkan oleh alat dalam bentuk angka kekerasan.

Penelitian ini menggunakan berbagai instrumen utama, termasuk mesin bubut konvensional untuk proses pembubutan dengan variasi sudut potong, pahat HSS dengan sudut potong yang berbeda, serta cairan pendingin *Dromus* untuk menjaga stabilitas proses pemotongan. Untuk pengujian, digunakan TR200 *Portable Roughness Tester* guna mengukur kekasaran permukaan dan *Rockwell Hardness*

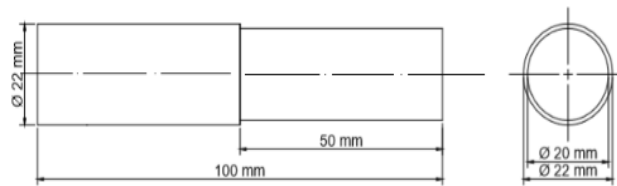
Tester untuk mengukur kekerasan permukaan. Dengan kombinasi instrumen ini, penelitian bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi sudut potong pahat terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan, baik dalam hal kekasaran maupun kekerasannya.

Data yang diperoleh dari pengujian kekasaran dan kekerasan permukaan dianalisis secara kuantitatif. Nilai rata-rata kekasaran (Ra) dari tiga kali pengujian pada setiap sudut potong dibandingkan untuk melihat pola perubahan yang terjadi. Demikian pula, nilai kekerasan (HRC) dianalisis untuk setiap variasi sudut potong. Data dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif dengan memvisualisasikan hasil melalui tabel dan grafik untuk menunjukkan hubungan antara sudut potong pahat dan karakteristik permukaan benda kerja. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi sudut potong pahat yang paling optimal dalam menghasilkan permukaan dengan kekasaran minimum dan kekerasan maksimum.

### Hasil Penelitian

#### Hasil Proses Pembubutan Benda Kerja

Bahan Benda kerja Penulis Menggunakan Bahan Baja AISI 1045 (HQ 760), dengan standar ASTM (*American Standard For Testing And Materials*) yang berbentuk dan ukuran seperti pada gambar 1.



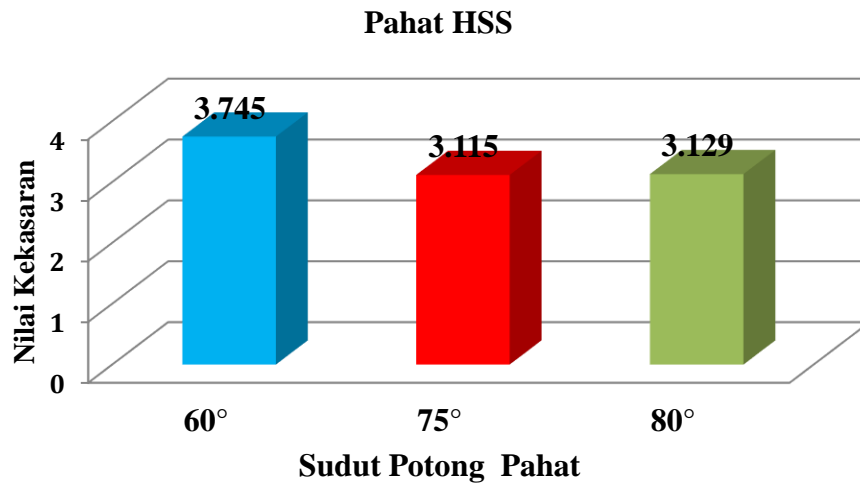
**Gambar 1.** Benda Kerja yang telah di bubut

#### Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekasaran

Titik Uji	Sudut Pahat Proses pembubutan		
	60°	75°	80°
	kekasaran Ra (µm)	kekasaran Ra (µm)	kekasaran Ra (µm)
1	4,078	3,053	3,147
2	3,774	3,225	2,968
3	3,383	3,068	3,271
Jumlah Kekasaran	11,235	9,346	9,386
Rata-Rata	3,745	3,115	3,129

Sumber: Diolah oleh peneliti (2020)



**Gambar 2.** Benda Kerja yang telah di bubut

Pada Tabel 1. Menunjukkan bahwa pengujian kekasaran permukaan menggunakan TR200 *Portable Roughness Tester* menunjukkan bahwa sudut potong pahat memainkan peran penting dalam menentukan kualitas permukaan benda kerja. Berdasarkan pengujian, sudut potong 60° menghasilkan kekasaran rata-rata tertinggi sebesar 3,745  $\mu\text{m}$ . Permukaan yang lebih kasar ini disebabkan oleh konsentrasi tekanan yang tinggi pada area pemotongan kecil, yang meningkatkan deformasi material secara lokal. Pada sudut ini, gerak pahat lebih tajam tetapi menghasilkan permukaan yang kurang seragam.

Sebaliknya, pada sudut 75°, kekasaran permukaan menurun signifikan menjadi 3,115  $\mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa distribusi tekanan pada sudut yang lebih besar lebih merata, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih halus. Penurunan kekasaran ini juga dipengaruhi oleh sudut pemakanan pahat yang lebih optimal, yang mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja serta mengurangi efek getaran.

Pada sudut 80°, kekasaran permukaan sedikit meningkat menjadi 3,129  $\mu\text{m}$  dibandingkan dengan sudut 75°. Peningkatan ini dapat dijelaskan oleh fenomena aus pada pahat, di mana sudut yang lebih besar menghasilkan tekanan lebih luas tetapi juga menyebabkan keausan material pahat lebih cepat, sehingga memengaruhi hasil permukaan. Namun, meskipun sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 75°, kekasaran pada sudut 80° masih tergolong rendah dan mendekati hasil yang halus.

Sementara, dalam Gambar 2. Menunjukkan grafik nilai kekasaran terhadap variasi sudut potong menunjukkan pola penurunan kekasaran dari sudut 60° ke 75°, tetapi sedikit meningkat pada 80°. Pola ini mengonfirmasi bahwa sudut potong yang lebih besar cenderung menghasilkan permukaan yang lebih halus, meskipun peningkatan sudut potong lebih lanjut dapat mulai mengurangi efektivitas pemotongan

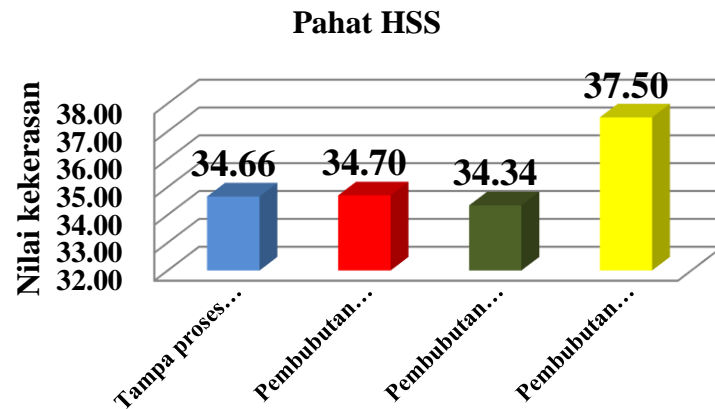
Hasil ini menunjukkan bahwa sudut potong yang optimal untuk mencapai kekerasan terendah adalah 75°, karena sudut ini mampu mengurangi deformasi lokal dan menjaga ketajaman pahat lebih lama selama proses pembubutan.

Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen	Titik Pengujian	Identor	P (Kg)	HRC	HRC Rata-rata
Tanpa proses Pembubutan	1	Intan 120°	150	35,8	34,66
	2			34,0	
	3			34,6	
	4			34,3	
	5			34,6	
Baja AISI 1045 pembubutan sudut pahat 60°	1	Intan 120°	150	37,2	34,70
	2			35,8	
	3			34,6	
	4			32,5	
	5			33,4	
Baja AISI 1045 pembubutan sudut pahat 75°	1	Intan 120°	150	36,4	34,34
	2			34,2	
	3			35,6	
	4			32,9	
	5			32,6	
Baja AISI 1045 pembubutan sudut pahat 80°	1	Intan 120°	150	37,4	37,50
	2			37,8	
	3			38,1	
	4			37,8	
	5			36,4	

Sumber: Diolah oleh peneliti (2020)



**Gambar 3.** Nilai kekerasan awal dan terhadap 3 (tiga) macam sudut pahat

Berdasarkan Tabel 2. Menunjukkan bahwa pengujian kekerasan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* menunjukkan tren yang menarik. Pada sudut potong  $60^\circ$ , nilai kekerasan permukaan rata-rata adalah 34,70 HRC, yang hampir identik dengan nilai kekerasan material sebelum pembubutan (34,66 HRC). Hal ini menunjukkan bahwa pada sudut ini, peningkatan suhu lokal tidak cukup signifikan untuk mengubah struktur mikro material secara substansial. Konsentrasi tekanan yang tinggi pada area kecil lebih banyak menghasilkan deformasi plastik daripada perubahan pada sifat mekanis material.

Pada sudut potong  $75^\circ$ , kekerasan permukaan sedikit menurun menjadi 34,34 HRC. Penurunan ini dapat dijelaskan oleh distribusi tekanan yang lebih merata, yang mengurangi tingkat deformasi lokal pada area pemotongan. Meski demikian, nilai kekerasan tetap dalam rentang yang cukup dekat dengan material awal, menunjukkan bahwa sudut ini menghasilkan permukaan yang stabil tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada sifat mekanis.

Pada sudut potong  $80^\circ$ , terjadi peningkatan kekerasan permukaan yang signifikan menjadi 37,50 HRC. Kenaikan ini disebabkan oleh peningkatan suhu pada area pemotongan, yang cukup tinggi untuk memengaruhi struktur mikro material. Fenomena pengerasan akibat panas (*work hardening*) terjadi karena suhu tinggi menyebabkan material menjadi lebih padat dan lebih keras, terutama pada permukaan benda kerja yang terpapar langsung dengan pahat.

Grafik nilai kekerasan pada Gambar 3. menunjukkan pola peningkatan kekerasan pada sudut yang lebih besar. Pada sudut  $80^\circ$ , kenaikan kekerasan menjadi yang paling tinggi, menunjukkan bahwa distribusi tekanan yang merata dan peningkatan suhu memengaruhi pengerasan permukaan secara signifikan.

## Pembahasan

Hasil penelitian ini konsisten dengan teori permesinan yang menekankan bahwa sudut potong pahat memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan, gesekan, dan suhu selama proses pembubutan (Sastal, Gunawan, & Sudia, 2018). Pada sudut potong yang lebih kecil, seperti  $60^\circ$ , tekanan yang lebih terfokus

cenderung menyebabkan deformasi material yang lebih besar di area lokal, yang berujung pada permukaan benda kerja yang lebih kasar. Hal ini terjadi karena konsentrasi tekanan yang tinggi meningkatkan energi deformasi, sehingga memperburuk kualitas hasil akhir. Kondisi ini sejalan dengan pengamatan pada penelitian, di mana deformasi plastis dan gesekan tinggi menghasilkan permukaan yang tidak merata.

Pada sudut potong 75°, distribusi tekanan lebih merata, yang mengurangi deformasi lokal dan menciptakan permukaan yang lebih halus. Tekanan yang lebih seimbang ini tidak hanya mengurangi intensitas gesekan tetapi juga menjaga kestabilan proses pemotongan. Kondisi ini memberikan hasil akhir yang lebih konsisten dan stabil, sebagaimana terlihat pada kualitas permukaan yang lebih baik pada sudut ini.

Ketika sudut potong ditingkatkan menjadi 80°, distribusi tekanan yang lebih luas meningkatkan suhu di area pemotongan. Kenaikan suhu ini dipicu oleh peningkatan luas kontak antara pahat dan benda kerja, yang meningkatkan gesekan dan memicu pengerasan permukaan. Meskipun media pendingin Dromus membantu mengurangi gesekan dan menstabilkan panas, efeknya terbatas pada kondisi tekanan yang lebih luas. Hal ini menyebabkan area pemotongan tetap mengalami peningkatan suhu yang cukup signifikan, yang mempercepat fenomena pengerasan permukaan.

Selain itu, media pendingin berperan krusial dalam menurunkan suhu operasional, terutama pada sudut 75°, yang mendukung kestabilan tekanan dan kualitas hasil akhir. Namun, pada sudut 80°, meskipun pendingin mengurangi sebagian panas, distribusi tekanan yang lebih luas tetap memicu suhu tinggi, yang menciptakan permukaan keras dengan sifat mekanis yang lebih baik tetapi kualitas estetika yang mungkin kurang optimal.

## **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi sudut potong pahat HSS memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan baja AISI 1045 (HQ 760). Sudut potong 60° menghasilkan kekasaran permukaan tertinggi dengan nilai rata-rata 3,745  $\mu\text{m}$ , sementara sudut 75° memberikan permukaan yang lebih halus dengan nilai kekasaran rata-rata 3,115  $\mu\text{m}$ , dan sudut 80° menghasilkan nilai kekasaran 3,129  $\mu\text{m}$ . Di sisi lain, nilai kekerasan permukaan menunjukkan peningkatan yang signifikan pada sudut 80°, yang mencapai 37,50 HRC, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 60° yang menghasilkan kekerasan 34,70 HRC, dan sudut 75° yang mencatatkan nilai kekerasan 34,34 HRC. Peningkatan kekerasan pada sudut 80° disebabkan oleh peningkatan suhu selama proses pemotongan, yang memperkuat material melalui fenomena pengerasan akibat panas.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk mengeksplorasi pengaruh parameter lainnya, seperti kecepatan putaran mesin, kedalaman pemakanan, dan variasi media pendingin terhadap kualitas hasil pembubutan. Hal ini dapat

memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai optimasi proses pembubutan untuk berbagai jenis material dan aplikasi industri.

Implikasi dari penelitian ini sangat relevan bagi industri manufaktur, terutama dalam proses permesinan baja AISI 1045. Pemilihan sudut potong yang tepat sangat penting untuk mencapai keseimbangan antara kekasaran permukaan dan kekerasan yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Sudut 75° cocok untuk menghasilkan permukaan yang halus, sedangkan sudut 80° lebih baik untuk aplikasi yang memerlukan permukaan dengan kekerasan tinggi. Penelitian ini juga membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknik permesinan dengan mempertimbangkan faktor-faktor lainnya yang memengaruhi kualitas hasil pemotongan.

### Daftar Pustaka

- Ansyori, A. (2015). Pengaruh kecepatan potong dan makan terhadap umur pahat pada pemesinan freis paduan magnesium. *Mechanical*, 6(1). <http://dx.doi.org/10.23960/mech.v6.i1.20150>
- Bloul, B., Bourdim, A., Aour, B., & Harhout, R. (2017). Measurement default diagnostics of a roughness meter with TS100 head using a rectified specimen and solved by fuzzy logic estimator. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, 673–684. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0136-1>
- Farehan, A. (2024). *Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Hartanto, O. K. I. B. (2019). *Karakteristik Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut Material Baja St-37 Dengan Variasi Parameter Pemesinan Dan Geometri Pahat*.
- Husein, S. (2015). *Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Mild Steel St 42*.
- Husni, T., Asmadi, A., Pusvyta, Y., & Hidayat, T. (2020). Pengaruh Jenis Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan AISI 4340. *Teknika: Jurnal Teknik*, 6(2), 119–133. <http://dx.doi.org/10.35449/teknika.v6i2.110>
- Karpuschewski, B., Byrne, G., Denkena, B., Oliveira, J., & Vereschaka, A. (2021). Machining processes. *Springer Handbook of Mechanical Engineering*, 409–460.
- Majanasastra, R. B. S. (2013). Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi (AISI D2) Hasil Perlakuan Panas. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), 61–66. <https://doi.org/10.33558/jitm.v1i2.737>
- Nasution, A. R., Affandi, A., Umurani, K., Rahmatullah, R., & Refan, M. (2024). Analysis Of Cutting Fluid On Mass Loss Of Carbide Insert In The Milling Process. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 25(1), 31–40. <https://doi.org/10.23917/mesin.v25i1.2896>
- Saputra, M. H. D. T. R. I. A. (2024). *Analisa Keausan Mata Pahat Inset Karbida Tidak Berlapis Dcmt 070408 Terhadap Benda Kerja Baja Aisi 1045 Dengan Variasi*

- Kedalaman Potong Pada Proses Cnc Turning*. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Sastal, A. Z., Gunawan, Y., & Sudia, B. (2018). Pengaruh kecepatan potong terhadap perubahan temperatur pahat dan keausan pahat bubut pada proses pembubutan baja karbon sedang. *Enthalpy-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3(1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.55679/enthalpy.v3i1.3626>
- Van Harling, V. N., & Apasi, H. (2018). Perancangan Poros Dan Bearing Pada Mesin Perajang Singkong. *Soscied*, 1(2), 42–48. <https://doi.org/10.32531/jsoscied.v1i2.164>
- Yao, C. C., Wang, M. L., Ruan, Y. Y., Lv, X. M., Wang, J. L., Ge, J. M., & Jiao, H. W. (2020). Several methods for improving the accuracy of Rockwell hardness testing. *Journal of Physics: Conference Series*, 1507(10), 102010.
- Yuwita, P. E., Habib, A., & Faila, R. N. (2024). Studi Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching dan Waktu Penahanan pada Proses Heat Treatment terhadap Kekerasan Baja AISI 1045. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(1), 77–84. <http://dx.doi.org/10.32497/jrm.v19i1.4960>