

Pengaruh Tingkat Kecepatan Putaran Spindel Bubut terhadap Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan Pada Baja ST41

Faisal Manta^{1*}, Hadhimas Dwi Haryono², Reihanda Fikri Wirayudha³
^{1*,2,3}Institut Teknologi Kalimantan

*Email: faisal86@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Manufacturing is an activity that aims to create products based on specifications at optimum costs. Specifications are set with the expectation that the product can function properly and have a long service life, including surface roughness. The cost factor is composed of various elements such as material costs, production, and transportation. Tool wear in the turning process is the dominant element in production costs. ST 41 steel is a material that is widely used in industry because it has good mechanical properties and is capable of machining, so it is used as a basic material for making vehicle axles and construction steel. Research on surface roughness and tool strength in the ST 41 steel turning process was carried out. The lathe process uses a feed depth of 0.4 mm, feeding motion of 0.1620 mm/rev and various spindle speeds of 190, 300, 1225, and 2000 rpm. The research resulted in the highest roughness and wear values, namely roughness of 4.243 μm at a spindle speed of 190 rpm and wear of 0.162 grams at a spindle speed of 2000 rpm, so it can be concluded that increasing the spindle rotation speed can increase the wear value of the tool, but on the contrary, it can reduce the surface roughness value. This indicates that the increase in spindle speed gives a higher cutting force value to the tool, thereby increasing the stiffness and stability of the tool, so it can cut ST 41 material with a smooth cutting surface. However, the tool experiences large loads such as friction and temperature so it has an impact on increasing the wear value of the tool.

Keywords : ST 41, tool wear, Spindle speeds, Surface roughness, Turning

Abstrak

Manufaktur merupakan kegiatan yang bertujuan menciptakan produk berdasarkan spesifikasi dengan biaya optimum. Spesifikasi ditetapkan dengan harapan produk dapat berfungsi dengan baik dan memiliki masa pakai yang panjang, diantaranya adalah kekasaran permukaan. Faktor biaya tersusun dari berbagai unsur seperti biaya material, produksi, transportasi. Keausan pahat di proses pembubutan adalah unsur dominan pada biaya produksi. Baja ST 41 merupakan material yang luas penggunaannya di industri karena memiliki sifat mekanik dan mampu mesin yang baik, sehingga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan poros kendaraan dan baja konstruksi. Penelitian terhadap kekasaran permukaan dan keausan pahat pada proses pembubutan baja ST 41 dilakukan. Proses bubut menggunakan kedalaman pemakanan 0.4 mm, gerak makan 0.1620 mm/rev dan variasi kecepatan spindel yaitu 190, 300, 1225, 2000 rpm. Pada penelitian menghasilkan nilai kekasaran dan keausan tertinggi yaitu kekasaran 4.243 μm pada kecepatan spindel 190 rpm dan keausan 0.162 gram pada kecepatan spindel 2000 rpm, sehingga dapat disimpulkan bahwa kenaikan kecepatan putaran spindel dapat meningkatkan nilai keausan pahat, namun sebaliknya mampu menurunkan nilai kekasaran permukaan. Hal tersebut menandakan bahwa kenaikan kecepatan spindel memberikan nilai gaya potong yang lebih tinggi kepada pahat, sehingga meningkatkan kekakuan dan kestabilan pahat, maka mampu memotong material ST 41 dengan permukaan potong halus. Namun pahat mengalami beban besar seperti gesekan dan temperatur sehingga berdampak terhadap kenaikan nilai keausan pahat.

Kata kunci : Baja ST 41, Keausan pahat, Kecepatan spindel, Kekasaran permukaan, Pembubutan

1. Pendahuluan

Manufaktur adalah aktivitas yang bertujuan menciptakan suatu produk dengan kualitas standar tertentu dan proses permesinan merupakan cakupannya, sehingga proses permesinan memiliki peran dalam menentukan kualitas produk. Maka diharapkan proses permesinan tersebut disusun sedemikian rupa untuk membentuk suatu sistem produksi dengan produk komponen yang mampu memenuhi spesifikasi, namun dengan biaya yang optimal [1].

Proses pembubutan luas digunakan didalam tahapan permesinan. Proses pembubutan merupakan proses pemotongan benda berbentuk silinder dengan menggunakan pahat, dimana benda kerja berputar dan pahat bergerak memotong [2].

Pahat insert luas digunakan di industri permesinan, karena memiliki keunggulan ketahanan aus, tahan temperatur tinggi, ketepatan geometris, praktis dalam pemasangan dan pergantian, namun memiliki kelemahan yaitu tidak dapat dilakukan pengasahan ulang/pembentukan geometris pahat baru. Penggunaan pahat insert yang tidak sesuai menyebabkan peningkatan biaya produksi karena tingginya frekuensi pergantian pahat.

ST 41 merupakan material umum digunakan dalam proses pembubutan untuk menghasilkan komponen seperti poros kendaraan dan konstruksi jembatan [media nofri]. Penggunaan baja ST 41 lebih baik dari pada baja S45C pada proses pembubutan, karena pada kecepatan spindle yang sama baja ST 41 memiliki nilai kekasaran permukaannya lebih kecil dibandingkan baja S45C dan sifat mampu hardening yang lebih baik [3].

Kekasaran permukaan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen dan berdampak terhadap masa pakai komponen tersebut [4], seperti celah yang timbul dikarenakan kekasaran permukaan yang tinggi dapat menyebabkan kebocoran, korosi bahkan membahayakan bagi operator dan pengguna. *Bath curve* yang merupakan grafik kecepatan keausan di awal pemakaian komponen dapat

semakin panjang dikarenakan kekasaran pada permukaan komponen [5]. Kekasaran permukaan dapat menimbulkan temperatur tinggi komponen yang saling kontak [6]. Getaran dan kebisingan yang berlebih dapat terjadi pada komponen yang berputar saat permukaan kasar [7].

Kekasaran permukaan potong dapat dikarenakan oleh getaran dan keausan pahat [8]. Maka pengukuran pada keausan pahat diperlukan untuk mengetahui pengaruh kedua parameter tersebut. Kecepatan keausan pahat digunakan untuk mengukur masa pakai dari pahat tersebut [5] dan pada proses permesinan pahat merupakan parameter biaya yang dominan [9]. Masa pakai pahat panjang, kekasaran permukaan potong yang rendah dan kecepatan produksi yang tinggi merupakan target setiap proses permesinan, namun kenyataannya kecepatan produksi tinggi menunjukkan pola yang berlawanan. Kecepatan produksi yang tinggi memicu keausan pahat yang tinggi dan kekasaran permukaan yang rendah [10], sehingga dibutuhkan penelitian untuk mendapatkan nilai yang optimal dari ketiga unsur tersebut. Pada proses pembubutan kecepatan produksi dipengaruhi oleh kecepatan putaran spindle [9].

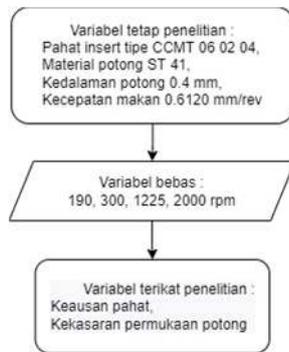
Pada penelitian variasi kecepatan spindle digunakan berdasarkan spesifikasi mesin bubut yaitu kecepatan tinggi dan rendah. Penggunaan pahat insert dan baja ST 41 sebagai material potong. Pengukuran keausan pahat dan kekasaran permukaan potong.

2. Metode Penelitian

2.1. Alur Penelitian

Penelitian merupakan studi eksperimen terhadap parameter pembubutan baja ST 41. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian adalah material potong berupa baja ST41, penggunaan jenis pahat insert, kedalaman pemakanan bernilai 0.4 mm dan kecepatan makan bernilai 0.1620 mm/rev. Variabel bebas penelitian adalah kecepatan spindle bernilai 190, 300, 1255 dan 2000 Rpm. Pada penelitian variabel terikat adalah nilai

keausan pahat potong dan kekasaran permukaan benda kerja, adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Penelitian dilakukan di bulan Desember 2021 hingga April 2022 di Laboratorim Terpadu ITK. Penelitian dimulai dengan proses pembubutan spesimen baja ST41 dengan parameter pemotongan yang telah ditentukan. Proses pembubutan dilakukan sebanyak 3 kali pemotongan dengan kedalaman potong dan pahat bubut yang sama, kemudian dilakukan pengambilan data keausan pahat dan kekasaran permukaan. Proses tersebut dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan setiap pengulangan selalu menggunakan spesimen dan pahat kondisi baru. Panjang pembubutan pada spesimen adalah 60 mm seperti gambar 2.



Gambar 2. Panjang pembubutan pada spesimen.

Perhitungan MRR dari proses pemotongan dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong terhadap keausan pahat dan kekasaran permukaan spesimen. MRR merupakan nilai yang menyatakan volume material yang terpotong untuk setiap menitnya. Perhitungan MRR membutuhkan parameter waktu proses permesinan dan volume

spesimen yang terpotong. Waktu permesinan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut [9]:

$$t_c = \frac{L}{f \times n} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- t_c = Waktu Proses (min)
- f = Kecepatan Gerak Makan (mm/putaran)
- L = Panjang spesimen yang dibubut (mm)
- n = Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)

Perhitungan volume spesimen yang terpotong menggunakan persamaan 2 sebagai berikut :

volume material terpotong

$$= (\pi \cdot r_0^2 - \pi \cdot r_1^2) \cdot L \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- Volume material = Volume (mm³)
- r_0 = Radius spesimen sebelum dibubut (mm)
- r_1 = Radius spesimen setelah dibubut (mm)
- L = Ranjang spesimen yang dibubut (mm)

Perhitungan MRR menggunakan persamaan 3 sebagai berikut [2]:

$$MRR = \frac{\text{Volume material yang terbuang}}{\text{Waktu Proses}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

$$MRR = \text{Volume (mm}^3/\text{menit)}$$

2.2. Alat dan Bahan

Mesin Bubut

Mesin yang digunakan adalah bubut di Laboratorium Terpadu Kalimantan tipe GUT C0636D X100[11] seperti pada Gambar 2. Mesin bubut umum digunakan untuk menghasilkan produk dengan bentuk silindris [5].



Gambar 2. Mesin Bubut Tipe GUT C0636D X100



Gambar 4. Timbangan Digital

Pahat Potong

Alat potong yang digunakan saat proses pembubutan adalah pahat *insert* dengan jenis CCMT 06 02 04. Tipe pahat *insert* radius dengan 2 sisi mata potong, seperti pada Gambar 3. Pahat *insert* dipilih karena luas digunakan di industri permesinan, karena memiliki keunggulan ketahanan aus, tahan temperatur tinggi, ketepatan geometris, praktis dalam pemasangan dan pergantian, namun memiliki kelemahan yaitu tidak dapat dilakukan pengasahan ulang/pembentukan geometris pahat baru. Penggunaan pahat *insert* yang tidak sesuai menyebabkan peningkatan biaya produksi karena tingginya frekuensi pergantian pahat [9].



Gambar 3. Mata Pahat *Insert*.

Timbangan Digital

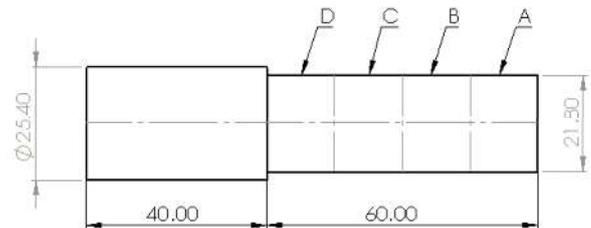
Proses pengukuran massa pada pahat *insert* menggunakan timbangan digital dengan merk TN-series 50 gram x 0.001 gram seperti pada Gambar 4. Penimbangan dimaksudkan untuk mengetahui massa pahat sebelum dan setelah dilakukan proses pembubutan, sehingga dapat diketahui nilai massa yang hilang dari pahat karena proses pembubutan. Nilai massa yang hilang tersebut merupakan representatif dari kecepatan keausan pada pahat [9].

Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Pengukuran nilai kekasaran permukaan pada Baja ST-41 hasil proses pembubutan menggunakan alat ukur kekasaran sj-210 dengan merk Mitutoyo yang terlihat pada Gambar.5. Alat ukur tersebut bekerja dengan menghitung nilai rerata tinggi topografi puncak dan lembah dari permukaan potong benda kerja pada panjang tertentu. Pada penelitian digunakan panjang 15 mm untuk setiap pengambilan data kekasaran pada titik lokasi A, B, C dan D sesuai gambar 6.



Gambar 5. Alat Ukur Kekasaran Permukaan



Gambar 6. Lokasi Titik Pengujian.

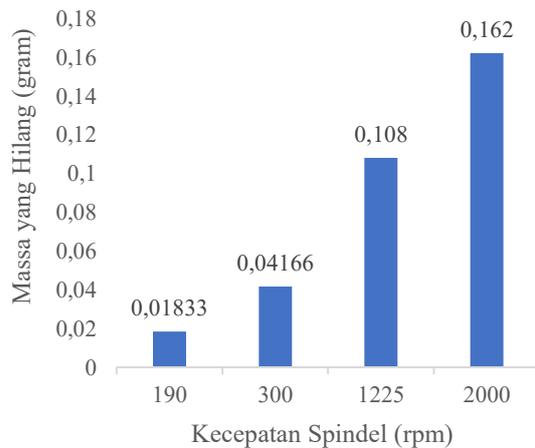
Mikroskop Optik

Mikroskop optik digunakan untuk mendapatkan gambar visual jelas terhadap pahat. Bentuk geometri keausan yang terbentuk pada permukaan pahat dikarenakan proses pembubutan.

3. Hasil Penelitian

3.1. Keausan Pahat

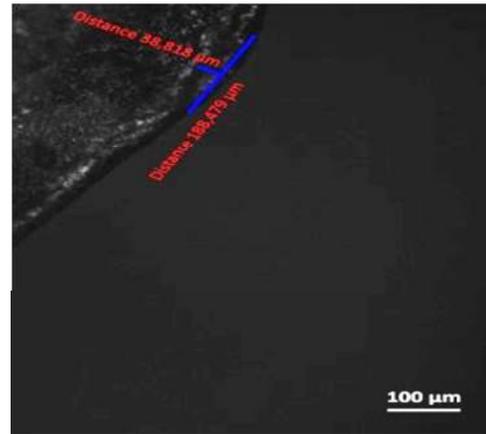
Keausan pahat pada penelitian ditinjau dengan 2 metode, yaitu massa yang hilang dan profil yang terbentuk di permukaan pahat. Massa yang hilang selama proses pembubutan dapat diketahui dengan mengukur selisih massa pahat, yaitu dilakukan penimbangan sebelum dan setelah pembubutan dan setelah pembubutan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Keausan Pahat terhadap Perubahan Kecepatan Spindel

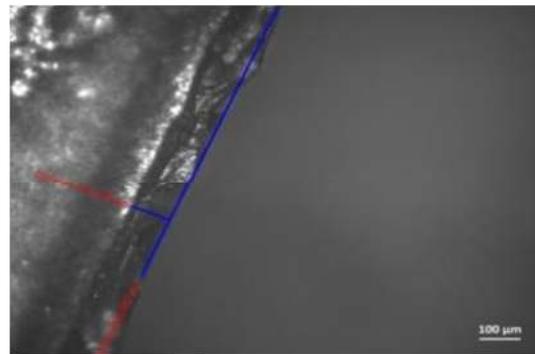
Pada Gambar 7 diketahui bahwa nilai keausan meningkat seiring peningkatan kecepatan spindel dengan persentase yang berbeda. Pada kecepatan rendah peningkatan kecepatan spindel 157 % yaitu dari 190 menjadi 300 rpm dihasilkan peningkatan nilai keausan/massa yang hilang 227%, sedangkan pada kecepatan tinggi kenaikan kecepatan 163% hanya menyebabkan peningkatan nilai keausan 150%.

Profil pada permukaan pahat diamati dengan mikroskop optik, sehingga diperoleh seperti Gambar 8 dan 9. Peningkatan nilai keausan pahat terjadi semakin kecil dengan peningkatan kecepatan spindel. Maka indikasi grafik tersebut menunjukkan bahwa terdapat batas maksimum nilai keausan yaitu saat nilai tersebut tidak berubah walaupun kecepatan spindel terus di tingkatkan terhadap kombinasi pahat dan benda kerja tersebut [12].



Gambar 8. Profil Keausan Permukaan Pahat pada Kecepatan Rendah

Uji mikroskop bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang akan terjadi pada pahat akibat dari tingkatan kecepatan yang berbeda. Pada hal ini dapat dilihat dari hal yang paling signifikan antara kecepatan yang sangat rendah (190 rpm) seperti tertera pada Gambar 8 dan kecepatan yang sangat tinggi (2000 rpm) pada Gambar 9.



Gambar 9. Profil Keausan Permukaan Pahat pada Kecepatan Tinggi.

Berdasarkan penelitian diketahui bahwa peningkatan kecepatan spindel akan meningkatkan nilai massa yang hilang dari pahat. Hal tersebut terlihat pada foto profil permukaan pahat yang menunjukkan keausan tepi di sekitar titik kontak pahat dan benda kerja pada kecepatan spindel tinggi dan rendah. Keberadaan partikel keras pada benda kerja, perubahan karakteristik material pahat karena temperatur tinggi dan deformasi plastik pada permukaan pahat karena beban gaya

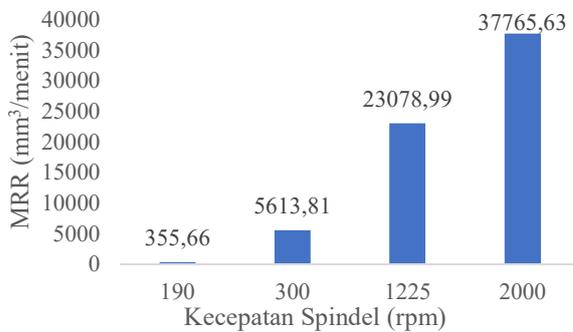
potong dapat menyebabkan keausan pahat [13].

Pada kecepatan rendah foto permukaan pahat menunjukkan keausan tepi terjadi sepanjang 188.479 μm dan kedalaman sebesar 38.818 μm , sedangkan pada kecepatan tinggi diperoleh keausan tepi sepanjang 865.082 μm dan kedalaman senilai 102.518 μm . Selain itu perhitungan nilai MMR dapat memberikan gambaran beban pahat terhadap perubahan kecepatan spindle. Waktu proses pemesian didapatkan untuk setiap kecepatan spindle sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Nilai Waktu Proses Pemesian

No.	Kecepatan Spindel (rpm)	Waktu Pemesian (menit)
1	190	5.84
2	300	3.70
3	1225	0.90
4	2000	0.55

Setelah diketahui waktu proses pemesian, maka didapatkan nilai MRR yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai MRR terhadap Perubahan Kecepatan Spindel

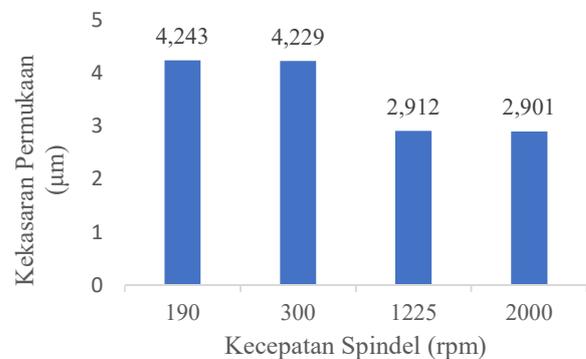
MRR merupakan target capaian dalam proses pemesian karena berpengaruh terhadap waktu pengerjaan produk dan biaya produksi [1].

3.2. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan memiliki nilai standar minimum yang harus dipenuhi untuk setiap produk proses pemesian, bubut diantaranya [4]. Standar minimum kekasaran permukaan menjadi prasyarat karena berhubungan terhadap fungsi/kerja alat

tersebut. Nilai kekasaran permukaan yang tidak sesuai standar mampu menimbulkan kerusakan pada proses perakitan karena adanya gesekan tinggi antar permukaan yang kasar, lebih mudah terjadi korosi disebabkan celah yang berada pada permukaan, dan dapat mempengaruhi keselamatan operator saat mengoperasikan alat [4].

Penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa kenaikan kecepatan spindle berbanding terbalik dengan nilai kekasaran, yaitu kecepatan spindle 190 rpm diperoleh nilai kekasaran 4.243 μm , 300 rpm 4.229 μm , 1225 rpm 2.912 μm , dan 2000 rpm 2.901 μm sesuai Gambar 11.



Gambar 11. Nilai Kekasaran Permukaan Benda Kerja terhadap Perubahan Kecepatan Potong

Pada Gambar 11 diperoleh bahwa persentasi perubahan kecepatan spindle pada tingkat tinggi dan rendah serupa yaitu 157 % dan 163 %. Pada persentasi perubahan kecepatan tersebut didapatkan nilai kekasaran permukaan dengan nilai persentasi yang juga serupa yaitu 99% untuk kecepatan rendah dan tinggi. Maka dengan pola grafik tersebut mampu menentukan tingkat kecepatan yang sesuai untuk untuk kekasaran permukaan potong yang diharapkan, karena setiap produk memiliki standar nilai kekasaran permukaan yang harus terpenuhi[14].

Kecepatan putar tinggi dapat menyebabkan perolehan nilai kekasaran yang rendah pada permukaan benda kerja, oleh karena peningkatan gaya potong pada pahat[15]. Peningkatan gaya potong pahat menurunkan getaran yang muncul saat proses

pemotongan, sehingga mampu menurunkan kekasaran permukaan[14].

4. Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan berupa variasi kecepatan spindle terhadap nilai keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja. Pada keausan pahat ditemukan bahwa peningkatan nilai keausan pahat berbanding lurus dengan peningkatan kecepatan spindle sesuai Gambar 7. Nilai keausan minimum dan maksimum adalah 0.01833 dan 0.162 gram pada kecepatan 190 dan 2000 rpm. Semakin tinggi kecepatan akan menurunkan persentasi peningkatan keausan pahat yaitu 227% di kecepatan rendah dan 150% di kecepatan tinggi.

Pada nilai kekasaran permukaan berbanding terbalik, semakin tinggi nilai putaran spindle maka nilai kekasaran yang didapatkan semakin rendah. menunjukkan bahwa hasil kualitas permukaan semakin baik. Nilai kekasaran permukaan 4.243 dan 2.901 μm pada kecepatan 300 dan 2000 rpm, ditemukan bahwa perubahan persentasi nilai kekasaran permukaan tetap terhadap perubahan kecepatan spindle yaitu 99% untuk untuk 157-163% kecepatan spindle.

5. Saran

Pada penelitian selanjutnya dilakukan pengukuran parameter temperatur pemotongan dengan alat ukur dan metode yang tepat sehingga didapatkan nilai akurat.

6. Daftar Pustaka

- [1] J. D. Parlindungan Sihombing, R. Napitupulu, and A. Sateria, "Analisis Material Removal Rate (MRR) Baja Skd 11 Pada Proses CNC Turning Dengan Menggunakan Metode Taguchi," *Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 01, pp. 491–497, Feb. 2022, Accessed: Sep. 05, 2022. [Online]. Available: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/231>.
- [2] F. Rahmadianto and D. W. Lestarinings Basuki, "Analisa Putaran Spindle dan Kedalaman Potong Terhadap Keausan Pahat Positive dan Negative Rhombic Insert," *J. FLYWHEEL*, vol. 8, no. 2, pp. 34–38, Sep. 2017, doi: 10.36040/FLYWHEEL.V8I2.697.
- [3] M. Nofri and A. Taryana, "Analisis Sifat Mekanik Baja Skd 61 Dengan Baja St 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur," *Bina Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 189–199, Dec. 2017, doi: 10.54378/BT.V13I2.218.
- [4] Z. Kurniawan, E. Yudo, R. Rosmansyah, J. Teknik, M.-P. Negeri, and M. B. Belitung, "Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 10, no. 01, pp. 45–51, May 2018, doi: 10.33504/MANUTECH.V10I01.58.
- [5] Fahrizal, E. Suprpto, Priyono, and Basri, "Optimasi Parameter Pemesinan Untuk Minimasi Keausan Pahat Pada Pembubutan Baja Karbon Rendah," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 1, pp. 10–19, Mar. 2022, doi: 10.23887/JPTM.V10I1.41418.
- [6] I. Bagus, P. Indra, and M. Aryana, "Analisa Terjadinya Keausan Pahat Bubut High Speed Steel Pada Proses Pembubutan Aluminium, Tembaga Dan Stainless Steel," *Log. J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 18, no. 1, pp. 32–36, Mar. 2018, doi: 10.31940/LOGIC.V18I1.783.
- [7] H. Sucipto, A. R. Nasution, K. Umurani, and A. M. Siregar, "Pengaruh Putaran Spindle Dan Bahan Spesimen Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan Turning," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 65–74, Mar. 2022, doi: 10.30596/RMME.V5I1.10267.
- [8] E. D. Saputra and D. Wulandari, "Perbandingan Tingkat Kekasaran Dan Getaran Pahat Pada Pemotongan

- Orthogonal dan Oblique Akibat Sudut Potong Pahat,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 02, Jul. 2017, Accessed: Sep. 14, 2022. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/20534>.
- [9] S. P. F. Dewangga, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, “Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Mesin Bubut Terhadap Keausan Pada Alat Potong Pahat HSS tipe Bohler Mo 1/2X4,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 5, no. 1, Feb. 2017, doi: 10.23887/JJTM.V5I1.9238.
- [10] P. I. Gultom and Kiswandono, “Pengaruh Kecepatan Potong, Kecepatan Pemakanan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Medium Carbon Steel,” *J. FLYWHEEL*, vol. 11, no. 2, pp. 13–18, Sep. 2020, doi: 10.36040/FLYWHEEL.V11I2.2846.
- [11] T. Husni, A. Asmadi, Y. Pusvyta, and T. Hidayat, “Pengaruh Jenis Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Aisi 4340,” *Tek. J. Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 119–133, Jan. 2020, doi: 10.35449/TEKNIKA.V6I2.110.
- [12] B. Suroso and D. Prayogi, “Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle Dan Kedalaman Penggerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 24–33, Mar. 2019, doi: 10.30596/RMME.V2I1.3066.
- [13] C. Johan, “Karakteristik Keausan Pahat HSS Pada Pemesinan Baja ST 60,” *journals.ukitoraja.ac.id*, Accessed: Sep. 05, 2022. [Online]. Available: <http://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/mes/article/view/576>.
- [14] J. Nugroho, “Analisa Pengaruh Kedalaman Potong Dan Waktu Proses Pembubutan Konvensional Terhadap Temperatur Pahat, Kondisi Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Baja ST41,” *Mechonversio Mech. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 71–78, Dec. 2019, doi: 10.51804/MMEJ.V2I2.621.
- [15] M. Farokhi, W. Sumbodo, and R. Rusiyanto, “Pengaruh Kecepatan Putar Spindle dan Jenis Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja EMS 45,” *Saintekno J. Sains dan Tekno.*, vol. 15, no. 1, pp. 85–94, Jun. 2017, doi: 10.15294/SAINTEKNOL.V15I1.9881.