

Analysis of Tool Wear and Surface Roughness in Turning ST41 by Insert Tool for Variation in Feed Rate

Faisal Manta¹⁾, Kurnia Dwi Artika²⁾, dan Gad Gunawan³⁾

^{1,3}Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan

²Program Studi Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut

^{1,3}Jl. Soekarno Hatta Km, 15, Karang Joang, Balikpapan-Kaltim, 76127

²Jl. A. Yani, Km 6, Ds Panggung, Pelaihari-Kalsel, 70815

E-mail: faisal86@lecturer.itk.ac.id¹⁾, kurnia.2a@politala.ac.id²⁾, gad_gunawan@lecturer.itk.ac.id³⁾

ABSTRACT

The turning process in manufacturing is used as the formation of cylindrical components, threads and drilling. ST41 steel has the ability to form, weld and treat, so it is used as a material for tools and automotive components. Insert tools with long life (live time), resistance to wear and high temperatures are better than conventional tools, making the type of insert tool used for various cutting processes. The quality of turning is determined by the selection of cutting parameters that are appropriate to the type of material being cut and the tool used. Lathe parameters are feed rate, cutting speed, deep cut. Feed rate parameters affect process time, surface roughness and tool wear. The use of excessive feed rate causes surface roughness outside tolerance and large tool wear. Therefore, research on ST 41 steel with insert tools to obtain optimal parameters is needed. Research using the experimental study method aims to analyze the effect of tool wear values on changes in feed motion and surface roughness. Turning of ST41 steel on a GUT C0636D X 1000 lathe, CCMT 060204 insert tool, 0.6mm depth cut, 300 rpm cutting speed and feed rate variation of 0.1620, 0.3250, 0.8120 mm/rev. The results of the study measured the tool wear value increasing against feed rate and surface roughness. The highest tool wear value is 0.021 grams, namely with a feed rate variation of 0.8120 mm/rev, a surface roughness of 8.961 μm is obtained. The lowest tool wear value is 0.005 grams, namely with a feed rate of 0.6120 mm/rev, a surface roughness of 5.300 μm is obtained.

Keywords: *Feed Rate, Tool Wear, Surface Roughness.*

Analisis Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan pada Pembubutan Baja ST41 dengan Pahat Insert Terhadap Perubahan Nilai Gerak Makan

ABSTRAK

Proses pembubutan pada manufaktur digunakan sebagai pembentukan komponen silinder, ulir dan drilling. Baja ST41 memiliki kemampuan bentuk, las dan perlakuan, sehingga digunakan sebagai bahan alat perkakas dan komponen otomotif. Pahat *insert* dengan masa pakai (*live time*) yang panjang, ketahanan terhadap aus dan temperatur tinggi baik dibandingkan pahat konvensional, menjadikan jenis pahat *insert* digunakan untuk berbagai proses pemotongan. Kualitas pembubutan ditentukan oleh pemilihan parameter pemotongan yang sesuai terhadap jenis material yang dipotong dan pahat yang digunakan. Parameter mesin bubut adalah gerak makan (*feeding*), kecepatan potong (*cutting speed*), dalam pemotongan (*deep cut*). Parameter gerak makan berdampak terhadap waktu proses, kekasaran permukaan dan keausan mata pahat. Penggunaan gerak makan berlebih menyebabkan kekasaran permukaan diluar toleransi dan keausan pahat besar. Maka penelitian terhadap baja ST 41 dengan pahat insert untuk mendapatkan parameter yang optimal dibutuhkan. Penelitian dengan metode studi eksperimen bertujuan menganalisis pengaruh nilai keausan pahat terhadap perubahan gerak makan dan kekasaran permukaan dilakukan. Pembubutan baja ST41 pada mesin bubut jenis GUT C0636D X 1000, pahat insert CCMT 060204, kedalaman makan 0.6mm, kecepatan potong 300 rpm dan variasi nilai gerak makan 0,1620, 0,3250, 0,8120 mm/rev. Hasil penelitian terukur nilai keausan pahat naik terhadap gerak makan dan kekasaran permukaan. Nilai keausan pahat tertinggi 0,021 gram yaitu dengan variasi gerak makan 0,8120 mm/ rev, diperoleh kekasaran permukaan 8,961 μm . Nilai keausan pahat terendah 0,005 gram yaitu dengan gerak makan 0,6120 mm/rev, diperoleh kekasaran permukaan 5,300 μm .

Kata Kunci: Gerak Makan, Keausan Pahat, Kekasaran Permukaan.

1. PENDAHULUAN

Pembubutan digunakan dalam proses manufaktur terhadap komponen dengan bentuk dasar silinder, pembuatan lubang (*drilling*) dan ulir. Pemotongan mesin bubut membutuhkan kontak antara mata pahat dan benda kerja, sehingga terjadinya keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja. Pemilihan mata pahat menjadi penting, karena gesekan antara pahat dengan benda kerja yang meningkatkan temperatur sehingga mendorong terjadinya keausan. Keausan tersebut akan terus membesar sampai batas di mana pahat tersebut tidak dapat dipakai kembali (Budi & Dwipayana, 2020). Keausan yang terjadi akan mempengaruhi umur dari mata pahat yang berdampak langsung terhadap biaya proses produksi komponen (Annafi & Nugraha, 2024).

Pemilihan parameter pemotongan yang tepat menjadi penting untuk dapat mengoptimasi proses produksi mesin bubut seperti kecepatan potong, gerak makan, kedalaman potong dan jenis pahat terhadap benda kerja yang dibubut. Kesalahan dalam penentuan parameter akan berdampak terhadap meningkatnya biaya produksi komponen yaitu keausan pahat atau kekasaran komponen yang melebihi batas toleransi. Kombinasi proses pemotongan baja ringan dengan gerak makan 150 mm/rev, kecepatan potong 1.500 rpm dan kedalaman potong 1 mm memberikan kekasaran dan keausan terbaik (Pratowo et al., 2023). Oleh karena itu dilakukan penelitian terhadap pembubutan bahan ST41 dengan menggunakan pahat bubut insert CCMT 060204 dengan mengukur keausan pahat dan kekasaran permukaan potong. Diharapkan pada akhir penelitian ditemukan parameter potong yang optimal dari material dan pahat bubut tersebut.

Baja ST41 merupakan baja karbon rendah digunakan untuk konstruksi dan manufaktur seperti baja tulangan, gear, rantai dan alat perkakas. Komposisi kimia ST 41 berdasarkan DIN 17135 maksimum carbon (C.) 0.2 %, Mangan (Mn) 0.8-1,4%. Silikon (Si) 0.4%, Fosfor (P) dan 0,025 Sulfur (S) 0,015%. Sifat mekanik kekuatan tarik mencapai 410-530 MPa, kekuatan luluh 185 MPa, elongation 22%. Baja ST41 dengan perlakuan panas yang tepat kemampuan mekanik dapat ditingkatkan sesuai aplikasi (Effendi et al., 2021).

Pahat bubut dapat dibedakan menjadi 2 yaitu pahat bubut solid dan pahat bubut *insert*. Pahat bubut solid merupakan pahat utuh yang merupakan satu kesatuan dari semua bagian pahat yaitu *holder* dan mata pahat. Pahat solid umumnya terbuat dari material *High Speed Steel* (HSS) atau karbida dan kecepatan pemotongan akan menentukan material bahan pahat yang digunakan. Pahat solid digunakan pada proses pembubutan konvensional, karena dapat diasah untuk digunakan berulang kali (Dewi Anjani et al., 2024). Pahat *insert* merupakan jenis yang digunakan pada proses pemotongan mesin CNC dengan beban kerja tinggi dan waktu kerja padat. Pahat *insert* didesain dengan bentuk terpisah antara *holder* dan mata pahat. Mata pahat *insert* dapat diganti secara cepat, setiap mata pahat memiliki 2 hingga 4 sisi potong. Bahan

material mata pahat berbeda dengan *holder*, mata pahat terbuat dari bahan yang tahan gesek, tahan panas dan kekerasan tinggi, seperti Keramik (Husni et al., 2020).

Parameter pemotongan seperti gerak makan merupakan gerakan maju pahat yang sejajar sumbu putar untuk setiap 1 putaran penuh benda kerja di mesin bubut. Peningkatan nilai gerak makan secara positif maka mampu meningkatkan gaya potong dan produktivitas, namun memiliki dampak negatif seperti berkurangnya umur pahat. dan naiknya kekasaran permukaan logam (Widodo et al., 2023). Kedalaman potong adalah jarak permukaan benda kerja sebelum dan setelah proses pemotongan dalam satu kali langkah. Kedalaman potong berdampak terhadap lebar *chip* sehingga mampu meningkatkan kecepatan *Material Removal Rate* (MRR), namun menurunkan umur pahat. Kecepatan potong dinyatakan sebagai jumlah putaran yang ditempuh oleh benda kerja/spesimen dalam satuan waktu, sehingga merupakan kecepatan mesin bubut untuk menyayat benda kerja dan menghasilkan *chip* (Adi Heriyanto et al., 2023).

Kecepatan potong berpengaruh terhadap gaya potong yaitu meningkat seiring kenaikan kecepatan potong, sehingga berdampak terhadap kehalusan permukaan. Kecepatan potong yang tinggi menghasilkan permukaan lebih halus (Gultom & Kiswandono, 2020). Geometri pahat juga berdampak terhadap kehalusan permukaan. Pahat dengan bentuk bulat menghasilkan getaran dan permukaan yang lebih halus dibandingkan pahat tirus pada kedalaman, kecepatan potong dan gerak makan yang sama (Mazwan et al., 2024). Namun keausan mata pahat mempengaruhi bentuk geometri pahat, sehingga nilai kekasaran permukaan meningkat seiring keausan pahat yang terjadi.

Nilai kekasaran permukaan potong menjadi parameter kualitas proses permesinan. Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan nilai ketidakrataan mikro pada permukaan benda kerja setelah dibubut. Kekasaran ini menjadi penting karena berdampak terhadap fungsi mekanis dan umur pakai (*live time*) komponen tersebut. Fungsi mekanis seperti kepresisian sambungan antara komponen sulit didapatkan jika nilai kekasaran tinggi. Umur pakai antara komponen bergesekan akan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan karena semakin kasar permukaan maka gesekan yang timbul akan semakin tinggi, keausan tinggi, panas tinggi. Kekasaran permukaan dinyatakan dengan nilai Ra (*roughness average*) satuan mikrometer (μm) dan semakin kecil Ra, maka semakin halus permukaan (Manta et al., 2023).

Perubahan geometri pahat dapat terjadi selama proses pemotongan dikarenakan keausan pahat. Keausan pahat disebabkan oleh gesekan, suhu tinggi, dan gaya potong. Keausan tersebut berdampak terhadap kualitas permukaan dan umur alat. Jenis keausan pahat seperti keausan *flank*, *crater*, tepi, *built-up edge*, patah dan *thermal crack*. Keausan *flank* merupakan tipe yang umum terjadi dan menjadi indikasi kapan saatnya pahat diganti atau diasah kembali, namun jenis keausan lainnya dibutuhkan

kombinasi paramter yang tepat untuk pencegahanya(Mazwan et al., 2024).

2. RUANG LINGKUP

Cakupan permasalahan penelitian adalah bagaimana pengaruh perubahan nilai gerak makan terhadap keausan pahat dan nilai kekasaran permukaan potongan. Pada peneltian menggunakan tiga variasi gerak makan yaitu 0,1620, 0,3250, 0,8120 mm/rev, dengan batasan mengabaikan getaran mesin yang muncul selama proses pemotongan. Hasil penelitian merupakan data keausan pahat dan kekasaran permukaan dilakukan terhadap 3 spesimen untuk setiap nilai variasi gerak makan. Nilai keausan pahat dan kekasaran permukaan akan diplotk dalam grafik terhadap perubahan nilai gerak makan. Data keausan pahat juga disajikan dengan foto perubahan geometri dari pahat bubut.

3. BAHAN DAN METODE

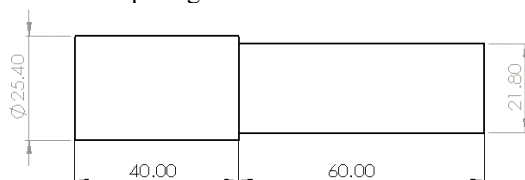
Penelitian dengan metode eksperimen di Lab Terpadu Institut Teknologi Kalimantan pada periode Desember 2021 sampai Maret 2022. Peralalatan dibutuhkan dalam penelitian adalah mesin bubut GUT C0636D X 1000 seperti pada gambar 1, pahat bubut *insert* CCMT 060204, jangka sorong dan baja ST41 sebagai material potong.



Gambar 1. Mesin Bubut GUT C0636D X 1000t

Figure 1. The Lathe machine type GUT C0636D X 1000t

Proses pemotongan dilakukan terhadap baja ST41 panjang 100mm, dilakukan pembubutan sepanjang 60 mm sebanyak 3 kali dengan kedalaman potong 0,6 mm dan kecepatan *spindle* adalah 300 rpm dengan pahat kondisi baru seperti gambar 2.



Gambar 2. Geometri Spesimen Uji (satuan mm)

Figure 2. The specimen geometric testing (mm)

Data yang dibutuhkan adalah nilai keausan pahat dan kekasaran permukaan. Nilai keausan pahat diperoleh dengan mengukur massa pahat sebelum dan setelah proses pemotongan. Masa pahat diukur menggunakan timbangan digital TN-series 50g × 0,001g seperti gambar 3, dan

bentuk keausan digunakan mikroskop optik dan software imageJ.



Gambar 3. Pengukuran Massa Pahat Sebelum dan Setelah Pembubutan

Figure 3. Measuring tool mass before and after turning

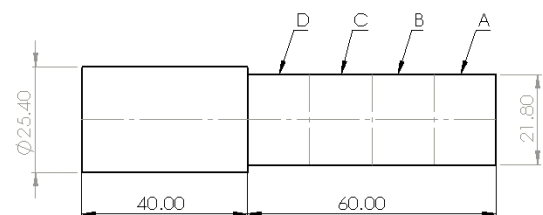
Nilai kekasaran permukaan menggggunakan alat *Surface Roughness* Mitutoyo SJ-120 pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran Kekasaran Permukaan Mitutoyo SJ-120

Figure 4. Measuring surface roughness by mitutoyo SJ-120

Pengukuran kekasaran menggunakan dengan arah pena tegak lurus terhadap bidang potongan pada 4 titik yaitu titik A, B, C, D diharapkan mampu menggambarkan kondisi pemotongan sebenarnya, sesuai gambar 5.

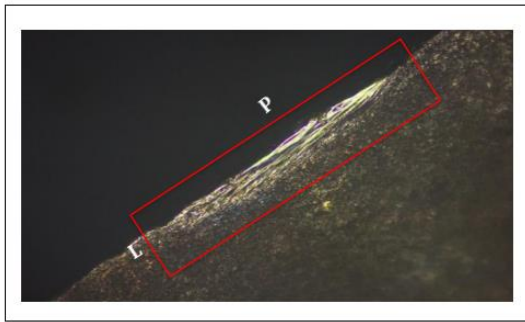


Gambar 5. Titik pengujian Kekasaran Permukaan pada Spesimen Uji

Figure 5. Surface roughness test points on specimens

4. PEMBAHASAN

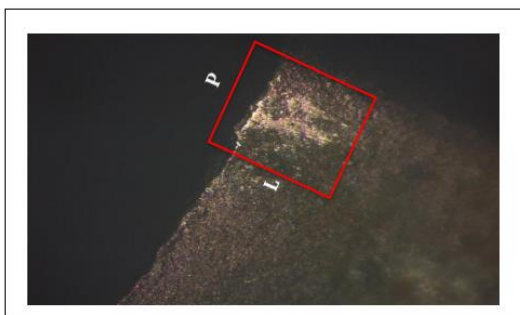
Bentuk keausan dilihat menggunakan mikroskop optik dan diukur menggunakan software ImageJ didapatkan bentuk keausan seperti Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Bentuk Keausan Pahat pada Gerak Makan 0.8120

Figure 6. Geometric tool wear in 0.8120 feeding movement.

Gambar 6 menunjukkan bentuk keausan tepi pada mata pahat dan keausan pada gerak makan 0,8120 mm/rev dengan panjang keausan yaitu 1,828 mm dan lebar aus yaitu 0,231 mm. Keausan tepi terjadi karena beban yang diterima pahat saat proses menyayat benda kerja sehingga menimbulkan gesekan dan membuat bagian tepi pahat cepat mengalami keausan (Bahry et al., 2022). Keausan tepi memanjang mengikuti arah gerak pahat pada kecepatan gerak makan kecil, menyebabkan nilai keausan menjadi kecil dibandingkan kecepatan gerak makan lainnya (Lukman et al., 2024). Keausan tepi yang memanjang juga menunjukkan beban potong yang lebih merata di permukaan pahat, sehingga kehalusan permukaan menjadi lebih baik (Ady Saputra et al., 2023).



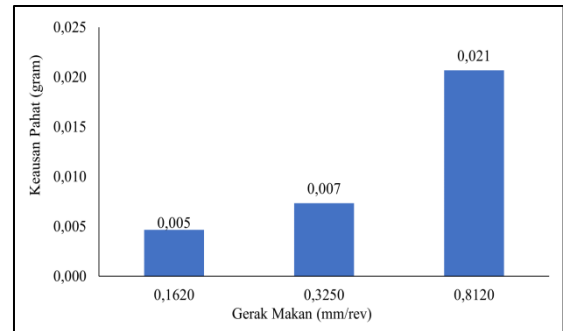
Gambar 7. Bentuk Keausan Pahat pada Gerak Makan 0.1620 mm/rev

Figure 7. Geometric tool wear in 0.1620 feeding movement.

Gambar 7 menunjukkan keausan yang terjadi pada gerak makan 0,1620 mm/rev dengan panjang keausan yaitu 0,548 mm. Arah keausan lebih bergeser ke sisi dalam pahat, ini menunjukkan beban pahat sisi dalam lebih tinggi. Pergeseran beban menimbulkan kekasaran permukaan pada hasil potong. Panjang keausan dengan daerah yang lebih kecil, menyebabkan beban terpusat di titik tersebut. Beban terpusat meningkatkan nilai keausan pada gerak makan tersebut menjadi lebih tinggi (Abbas et al., 2024). Beban terpusat tersebut juga menyebabkan perubahan geometri yang cukup signifikan pada pahat dan

menimbulkan nilai kekasaran permukaan tinggi (Annafi & Nugraha, 2024).

Keausan pahat diperoleh dengan mengukur penurunan nilai massa pahat sebelum dan setelah proses pembubutan (Rachmandani & Tamjidillah, 2024). Tiga variasi nilai gerak makan digunakan pada penelitian, sehingga dibuatlah grafik variasi gerak makan terhadap nilai keausan yang ditunjukkan oleh Gambar 8.

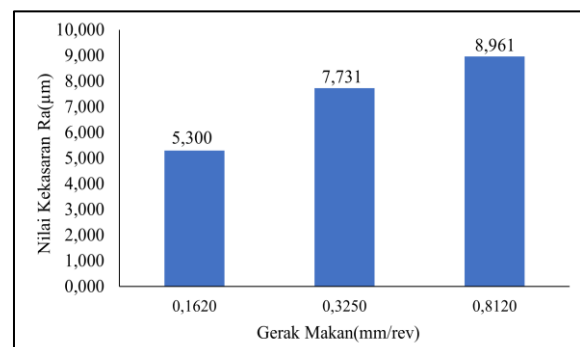


Gambar 8. Perubahan Nilai Keausan Pahat Terhadap Gerak Makan

Figure 8. Development tool wear point versus feeding motion.

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai keausan pada pahat terkecil saat proses pembubutan baja ST41 dihasilkan oleh gerak makan 0,1620 dengan nilai keausan pahat 0,005 gram. Pada gerak makan 0,3250, dengan peningkatan 200% gerak makan, didapatkan nilai keausan 0,007 gram artinya terjadi kenaikan nilai keausan sebesar 140%. Pada gerak makan 0,8120 mm/rev dengan 500% peningkatan gerak makan diperoleh nilai keausan pahat 0,021 gram, sehingga terjadi peningkatan nilai keausan 420%.

Nilai kekasaran permukaan sebagai parameter kualitas pemotongan mesin bubut diukur untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keausan pahat. Pengukuran kekasaran permukaan terhadap nilai gerak makan diperoleh seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Perubahan Nilai Kekasaran Permukaan Terhadap Gerak Makan

Figure 9. Development surface roughness number versus feeding motion.

Gambar 9 hubungan gerak makan dengan nilai kekasaran menunjukkan bahwa nilai gerak makan meningkat secara bertahap pada 200% dan 500% yaitu 0,1620, 0,3250 dan 0,8120. Nilai kekasaran permukaan tercatat yaitu 5,300, 7,731 dan 8,961 μm . Maka diketahui bahwa peningkatan nilai kekasaran permukaan mencapai 145% dan 169%. Pola peningkatan nilai kekasaran permukaan lebih kecil jika dibandingkan perubahan nilai gerak makan. Hal ini memungkinkan untuk penggunaan nilai gerak makan maksimal dengan tetap memperhatikan nilai kekasaran permukaan. Getaran pada pahat meningkat saat penggunaan gerak makan yang lebih tinggi sehingga berdampak terhadap kualitas permukaan potong. Getaran akan menyebabkan bidang kontak pahat terhadap benda kerja berubah, semakin jauh penyimpangan akan menyebabkan semakin tinggi nilai kekasaran pada permukaan potong, dan keausan pahat (Gultom & Kiswandono, 2020).

Nilai keausan pahat meningkat mengikuti nilai gerak makan, dengan pola tertentu yaitu persentase peningkatan gerak makan dan nilai keausan memiliki pola linier dengan toleransi nilai diantara 60-80%, dengan semakin tinggi nilai persentase peningkatan gerak makan maka semakin besar nilai toleransi terhadap nilai keausan (Dewi Anjani et al., 2024). Peningkatan nilai keausan terhadap gerak makan dapat dijelaskan jumlah volume material yang terpotong untuk setiap menitnya. Semakin tinggi gerak makan, maka semakin tinggi volume material yang terpotong. Tingginya volume material terpotong, maka semakin besar kerja pahat dalam proses pemotongan, sehingga berdampak terhadap nilai keausan pahat pada gerak makan tersebut (Budi & Dwipayana, 2020). Diketahui bahwa dari gambar 8 dan gambar 9 kekasaran permukaan memiliki toleransi lebih besar dibandingkan keausan pahat terhadap peningkatan nilai gerak makan.

5. KESIMPULAN

Perubahan nilai gerak makan dalam proses pembubutan baja ST41 diperoleh bahwa terjadi perubahan terhadap keausan pahat potong dan kekasaran permukaan dengan pola yang sama yaitu terjadi kenaikan nilai seiring peningkatan nilai gerak makan. Gerak makan menggunakan perubahan nilai dengan peningkatan hingga mencapai 500% di nilai 0,8120 mm/rev. Pada keausan pahat terukur nilai 0,021 gram merupakan peningkatan tertinggi mencapai 420%, berikutnya adalah peningkatan terkecil pada kekasaran permukaan yaitu 169 % di 8,961 μm . Maka disimpulkan bahwa peningkatan gerak makan dominan berpengaruh terhadap kenaikan keausan pahat dengan nilai yang hampir serupa dengan kenaikan nilai gerak makan dan gesekan diduga sebagai penyebab utama. Kekasaran permukaan menjadi faktor minor yaitu peningkatan nilai dibawah 50% dari perubahan nilai gerak makan dan getaran diduga sebagai penyebab munculnya kekasaran permukaan.

6. SARAN

Penggunaan alat ukur getaran pada mesin bubut saat beroperasi akan memberikan data lebih lengkap terhadap performa pemotongan, sehingga mampu mendapatkan nilai frekuensi natural dari komponen.

7. REFERENSI

- Abbas, H., Jamalluddin, Ariyanto, M., & Gaio, A. (2024). Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Menggunakan Pahat Karbida. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 19(01), 6–11. <https://doi.org/10.47398/ILTEK.V19I01.151>
- Adi Heriyanto, R., Hanifi, R., Kunci, K., Putar Spindle, K., Pemakanan, K., & Permukaan, K. (2023). Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Spindle Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja S45C Pada Proses Bubut CNC. *JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN*, 8(2), 211–220. <https://doi.org/10.52447/JKTM.V8I2.7108>
- Ady Saputra, A., Fazhari, S., Widiyanto, S., Panca Priyana, S., Rusdiyanto, R., Studi Strata Teknik Mesin, P., & Tinggi Teknologi Duta Bangsa, S. (2023). Pengaruh Variasi Feeding Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Material Baja ST 41. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 13(1), 11–16. <https://doi.org/10.35814/TEKNOBIZ.V13I1.4843>
- Annafi, H. H., & Nugraha, A. (2024). Pengaruh Variasi Pendingin Dan Mata Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Baja St 37 Pada Mesin Bubut Konvensional. *JTAM ROTARY*, 6(1), 99–108. https://doi.org/10.20527/JTAM_ROTARY.V6I1.11699
- Bahry, N. A., Siti, A., Analisis, N., Mata, P. T., Karbida, P., Proses, P., & Baja, P. (2022). Analisis Perubahan Temperatur Mata Pahat Karbida Pada Proses Pembubutan Baja Aisi 1045 Dengan FEM-Simulation di PT. X. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 9(2), 65–73. <https://doi.org/10.37373/TEKNO.V9I2.190>
- Budi, R. S., & Dwipayana, H. (2020). Analisa Kekasaran Permukaan Material Aluminium Pada Proses Pembubutan Dengan Mesin Bubut BV-20. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 6(2), 248–256. <https://doi.org/10.35449/TEKNIKA.V6I2.120>
- Dewi Anjani, R., Hariyanto, S., Singaperbangsa Karawang Jl HSRonggo Waluyo, U., Timur, T., & Barat, J. (2024). Analisis Pengaruh Kedalaman Pemakanan dan Variasi Pahat terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Tarik Baja S45C pada Proses Bubut Mesin CNC. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 13(1). <https://doi.org/10.24127/TRB.V13I1.3154>
- Effendi, Zulnasri, & Yusuf, M. (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>
- Gultom, P. I., & Kiswandono. (2020). Pengaruh Kecepatan Potong, Kecepatan Pemakanan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Medium Carbon Steel. *JURNAL FLYWHEEL*, 11(2), 13–18.
<https://doi.org/10.36040/FLYWHEEL.V11I2.2846>
- Husni, T., Asmadi, A., Pusvita, 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.
<https://doi.org/10.35449/TEKNIKA.V6I2.110>
- Lukman, M., Asri, S., Hidayat, H., Mesin, T., Teknik, F., Semarang, U. N., Sekaran, D., Gunungpati, K., Semarang, K., & Tengah, J. (2024). Pengaruh Kedalaman Pemotongan Terhadap Keausan Pahat HSS pada Proses Pembubutan Baja Aisi 1040 Menggunakan CNC Turning. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(1), 95–102.
<https://doi.org/10.32497/JRM.V19I1.5322>
- Manta, F., A.M., C. Q., & Basith, R. A. (2023). Analisis Proses Pembubutan AISI 1020 Pada Kekasaran Permukaan Material Dan Keausan Pahat. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 7(1), 54–63.
<https://doi.org/10.31289/JMEMME.V7I1.7703>
- Mazwan, M., Utama, S. D., & Fajardini, R. A. (2024). Investigasi Gaya Potong, Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat Pada Proses Bubut Baja Menggunakan Teknik Pelumasan Minimum Quantity Lubrication (MQL) Berbasis Minyak Nabati. *ROTASI*, 26(2), 15–22.
<https://doi.org/10.14710/ROTASI.26.2.15-22>
- Pratowo, B., Kunarto, & Afrian, G. A. (2023). Analisa Pengaruh Penggunaan Pahat Jenis HSS dan Variasi Putaran Pada Proses Pembubutan Baja S45C Terhadap Keefektifan Pahat. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 1–13.
<https://doi.org/10.33379/GTECH.V7I1.1832>
- Rachmandani, R., & Tamjidillah, M. (2024). Pengaruh Media Pendingin Dan Deep Of Cut Terhadap Kekasaran Permukaan Al6063 Pada Bubut Konvensional. *JTAM ROTARY*, 6(2), 125–134.
https://doi.org/10.20527/JTAM_ROTARY.V6I2.11667
- Widodo, B. S., Krisnanda, A. R., & Widi, K. A. (2023). Analisa Pengaruh Kecepatan Putar Spindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Kekerasan Baja AISI 1020 Pada Mesin Bubut CNC. *JURNAL FLYWHEEL*, 14(2), 74–81.
<https://doi.org/10.36040/FLYWHEEL.V14I2.7796>