

**ANALISIS VARIASI KECEPATAN SPINDEL DAN WAKTU POTONG
TERHADAP KEAUSAN ALAT POTONG DAN KEKASARAN
PERMUKAAN MATERIAL PADA PROSES PEMBUBUTAN BAJA S45C**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu

(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang



Disusun Oleh

FAHMI JAFFAR AJI MAULANA

22001052052

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2025

ABSTRAK

Material Baja S45C adalah jenis baja dalam golongan “medium carbon steel” yang memiliki kadar karbon (0.3-0,5%C). Kandungan karbon yang sedang pada material menjadikan sifat mekanik material dapat ditingkatkan. Meningkatkan sifat mekanis logam agar lebih tahan gesekan atau tekanan yaitu dengan cara memberikan perlakuan panas. Proses pemanasan dan pendinginan pada material baja untuk memperoleh kekasaran dan ketangguhan yang diinginkan memerlukan pemanasan pada suhu tertentu, waktu penahanan pemanasan dan pendinginan. Dalam proses pembubutan material, tentu tak akan lepas dengan adanya konsep kerja pembentukan geram baik bagi material maupun alat bubut itu sendiri, dimana hal tersebut merupakan faktor penting yang menyebabkan beberapa masalah salah satunya keausan pada alat potong atau pahat. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dan analisa data menggunakan alat Toolmaker Microscope guna mengindikasikan keausan alat potong pada pembubutan facing material baja S45C. Hasil penelitian ini adalah 1) Kecepatan spindel yang lebih tinggi cenderung mempercepat keausan pahat akibat peningkatan gaya gesek dan suhu pemotongan. 2) Semakin lama waktu potong, semakin tinggi tingkat keausan alat potong. 3) Analisis Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa baik kecepatan spindel maupun waktu potong memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keausan alat potong. 4) Kekasaran permukaan (R_a) cenderung meningkat dengan fleksibel seiring dengan bertambahnya waktu potong dan kecepatan spindel dengan pengaruh lingkungan dan proses saat melakukan pengujian. 5) Keausan pahat yang terjadi akibat gaya gesek, suhu tinggi, dan interaksi mekanis antara alat potong dan benda kerja menyebabkan degradasi ketajaman pahat. 6) kombinasi kecepatan spindel 110 rpm dan waktu potong 5 menit menghasilkan tingkat keausan pahat yang paling rendah dan kualitas permukaan yang lebih baik.

Kata Kunci: Keausan Alat Potong, Kekasaran Permukaan Material, Baja S45c.

ABSTRACT

S45C steel is a type of steel in the "medium carbon steel" category, containing carbon levels between 0.3–0.5%. The moderate carbon content in the material allows its mechanical properties to be improved. One way to enhance the mechanical properties of metals to make them more resistant to friction or pressure is by applying heat treatment. The process of heating and cooling steel to achieve the desired hardness and toughness requires specific heating temperatures, holding times, and cooling rates. In the turning process of materials, the concept of chip formation is inseparable, both for the material and the cutting tool itself. This is an important factor that can lead to several issues, including wear on the cutting tool or insert. This study was conducted using experimental methods and data analysis with a Toolmaker Microscope to observe tool wear during the facing process of S45C steel. The results of this research are as follows: 1) Higher spindle speeds tend to accelerate tool wear due to increased friction and cutting temperatures. 2) The longer the cutting time, the higher the degree of tool wear. 3) Two-Way ANOVA analysis shows that both spindle speed and cutting time significantly affect tool wear. 4) Surface roughness (R_a) tends to increase flexibly along with increased cutting time and spindle speed, influenced by environmental conditions and the testing process. 5) Tool wear occurs due to frictional forces, high temperatures, and mechanical interaction between the cutting tool and the workpiece, leading to a degradation in tool sharpness. 6) The combination of a 110 rpm spindle speed and a cutting time of 5 minutes results in the lowest tool wear and better surface quality.

Keywords: Tool Wear, Surface Roughness of Material, S45C Steel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Seiring perkembangan zaman, teknologi manufaktur terus mengalami kemajuan pesat untuk bersaing di pasar lokal maupun internasional. Peningkatan produktivitas dan kualitas produk menjadi tantangan utama dalam dunia industri guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses manufaktur. Salah satu upaya dalam meningkatkan produktivitas adalah melalui otomasi manufaktur yang bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi kerja, mengurangi waktu produksi, serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi.

Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk pemotongan benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang diputar dan dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Mesin bubut dilengkapi dengan sistem pendingin direct contact yaitu fluida cair sebagai media untuk pendinginan pahat dan benda kerja (Rumondor et al., 2020). Proses pembubutan merupakan pemakanan benda kerja yang berputar oleh pahat yang bergerak secara translasi atau sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Terdapat beberapa parameter dalam proses pembubutan yang akan mempengaruhi hasil akhir dari benda kerja. Salah satu indikator untuk menganalisa hasil pemotongan adalah besar gaya potong yang dihasilkan (Purnomo, 2021). Pada proses pembubutan terdapat banyak sekali material yang dapat di aplikasikan oleh alat bubut untuk mendapatkan produk potong dan pahat, salah satu material yang di aplikasikan dalam proses bubut pada pengujian kali ini adalah material S45C.

Material Baja S45C adalah jenis baja dalam golongan “medium carbon steel” yang memiliki kadar karbon (0.3-0,5%C). Kandungan karbon yang sedang pada material menjadikan sifat mekanik material dapat ditingkatkan. Meningkatkan sifat mekanis logam agar lebih tahan gesekan atau tekanan yaitu dengan cara memberikan perlakuan panas. Dilihat dari

penggunaanya material baja karbon ini sering di aplikasikan dalam pembuatan komponen atau sparepart seperti: roda gigi, rails, pully, sprocket, axles. Baja karbon S45C sering digunakan karena memiliki keunggulan harga yang lebih murah sehingga mudah didapat dibandingkan bahan atau material yang lainnya. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik diberikan perlakuan panas seperti normalizing, annealing, tempering dan quenching. Proses peningkatan sifat-sifat mekanik baja guna memperoleh kualitas yang baik sangat tergantung pada proses perlakuan panas yang di terapkan. Proses pemanasan dan pendinginan pada material baja untuk memperoleh kekasaran dan ketangguhan yang diinginkan memerlukan pemanasan pada suhu tertentu, waktu penahanan pemanasan dan pendinginan. Perbandingan material sebelum dan setelah melalui proses pemanasan dan pendinginan diperlukan guna melihat sifat mekanis akibat pengaruh pemanasan (Sofyan et al., 2020). Dalam proses pembubutan material, tentu tak akan lepas dengan adanya konsep kerja pembentukan geram baik bagi material maupun alat bubut itu sendiri, dimana hal tersebut merupakan faktor penting yang menyebabkan beberapa masalah salah satunya keausan pada alat potong atau pahat.

Keausan adalah sebuah fenomena yang sering terjadi dalam engineering. Keausan bukan hanya proses tunggal, tetapi beberapa proses berbeda yang dapat berlangsung independen atau secara bersamaan. Kompleksitas proses keausan dapat dibaca dengan mengetahui berbagai variabel yang terlibat pada alat potong yaitu kekasaran, ketangguhan, kelenturan, modulus elastisitas, kekuatan tarik, kelelahan dan struktur permukaan yang saling bertemu, seperti geometri, temperatur, tegangan, distribusi tegangan, koefisien gesek dan atmosfer dari permukaan yang aus (Abidin, 2010). Keausan pahat akan muncul dengan sendirinya ketika dalam proses pemotongan logam berlangsung yang terkadang bersumber dari berbagai faktor meliputi waktu potong.

Perubahan parameter pemesinan menyebabkan perubahan kekasaran permukaan produk dan keausan pahat (toolwear). Keausan pahat terjadi karena getaran dan gesekan dengan benda kerja yang terus-menerus dengan berbagai parameter pemesinan (Setiawan et al., n.d.).

Untuk itu proses penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh kecepatan potong, dan kedalaman potong terhadap umur pahat dan nilai korelasi antara variabel pemesian terhadap umur waktu pahat. Umur waktu pahat sangat penting karena sangat mempengaruhi biaya yang digunakan dalam proses pemesian. Kecepatan potong memiliki pengaruh yang signifikan pada umur waktu pahat diiringi dengan gerak makan dan kedalaman potong (Johan, 2021). Dalam penelitian ini, waktu potong menjadi faktor penting dalam menentukan kontrol keausan pada alat potong. Berdasarkan metode pengontrolan umur alat potong yang salah satunya diketahui melalui penelitian yang dilakukan peneliti tentang “ Analisis Variasi Kecepatan Spindel dan Waktu Potong Terhadap Keausan Alat Potong pada Proses Pembubutan Material Baja S45C ”, maka dibutuhkan studi kasus terkait variasi tersebut untuk memprediksi akan hal tersebut yang digunakan dalam proses pemesian untuk menghindari adanya keausan berlebih yang akan berdampak negatif dalam proses pemesian.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Analisis Variasi Kecepatan Spindel dan Waktu Potong terhadap Keausan Alat Potong dan Kekasaran Permukaan Spesimen pada Proses Pembubutan Material Baja S45C" guna menghindari risiko kerusakan alat potong serta meningkatkan efisiensi dalam proses pemesian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, pokok permasalahan yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini adalah bagaimana pengaruh variasi putaran spindel dan waktu potong pada proses pembubutan material S45C terhadap keausan alat potong dan kekasaran permukaan spesimen?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang, maka perlu adanya batasan masalah terkait analisis ini. Batasan tersebut adalah:

1. Parameter proses.

Variasi parameter yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada kecepatan spindel sebesar 110 Rpm dan 155 Rpm serta parameter waktu potong sebesar 5, 10 , dan 15 menit . Dan Keausan yang diteliti adalah keausan tepi dan kekasaran permukaan. Parameter lain, seperti kedalaman potong, tanpa pendinginan, dan kecepatan pembentukan geram tidak dianalisis secara mendalam.

2. Pahat.

Jenis pahat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat karbida *insert* DCMT 070204EN tanpa pelapis. Penggunaan pahat dengan material atau pelapis berbeda tidak termasuk dalam lingkup penelitian.

3. Mesin Bubut.

Penelitian ini dibatasi pada penggunaan mesin bubut konvensional dengan spesifikasi tertentu. Pengaruh perbedaan jenis mesin bubut atau teknologi bubut CNC tidak dibahas.

4. Variabel yang Diukur.

Penelitian ini hanya akan mengukur keausan hasil pembubutan sebagai hasil pemesinan. Parameter lain seperti kekuatan material, umur pahat, dan getaran mesin tidak dianalisis.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah guna mengetahui pengaruh variasi putaran spindel dan waktu potong pada material baja S45C terhadap keausan alat potong dan kekasaran permukaan spesimen.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari tujuan penelitian diatas, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Sebagai acuan dan wawasan baru tentang keausan alat potong yang diuji dengan proses pemotongan material S45C.
2. Dapat dijadikan sebagai rujukan mengenai sebuah parameter pembubutan pada material S45C didunia industri.

3. Memberikan motivasi kepada mahasiswa Teknik Mesin FT UNISMA untuk melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan metode pembubutan silindris (*turning*)

1.6 Sistem Penulisan

Penelitian ini akan diuraikan dalam beberapa bab yang kemudian dikembangkan menjadi sub-sub bab sehingga semua materi pembahasan yang dapat diterima secara sistematis dan terarah. Adapun sistematika penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri atas latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan teori-teori dasar yang melandasi analisa penelitian sehingga dapat diperoleh pengertian dan pengetahuan yang menunjang analisa pembahasan yang diambil dari buku, literatur dan jurnal ilmiah.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini peneliti akan membahas tentang hasil penelitian dimana membahas waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, variabel data dan diagram alir proses pengolahan data.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Di dalam bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, serta mengolah data-data yang diperoleh dari analisis pengaruh gaya potong pada pemotongan material S50C terhadap keausan alat potong.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian dan saran yang mungkin berguna untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi kecepatan spindel dan waktu potong terhadap keausan alat potong dalam proses pembubutan material baja S45C, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh Kecepatan Spindel terhadap Keausan Pahat

Kecepatan spindel yang lebih tinggi cenderung mempercepat keausan pahat akibat peningkatan gaya gesek dan suhu pemotongan. Dari hasil pengujian, keausan pahat pada kecepatan spindel 155 rpm lebih besar dibandingkan kecepatan spindel 110 rpm dalam semua variasi waktu potong yang digunakan.

2. Pengaruh Waktu Potong terhadap Keausan Pahat

Semakin lama waktu potong, semakin tinggi tingkat keausan alat potong. Waktu potong yang lebih lama menyebabkan gesekan yang lebih banyak antara pahat dan benda kerja, sehingga meningkatkan keausan pahat secara signifikan.

3. Interaksi Antara Kecepatan Spindel dan Waktu Potong

Analisis Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa baik kecepatan spindel maupun waktu potong memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keausan alat potong. Namun, waktu potong memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan kecepatan spindel terhadap tingkat keausan pahat.

4. Pengaruh Parameter Pemesinan terhadap Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (R_a) cenderung meningkat dengan fleksibel seiring dengan bertambahnya waktu potong dan kecepatan spindel dengan pengaruh lingkungan dan proses saat melakukan pengujian. Kecepatan spindel yang lebih tinggi meningkatkan suhu pemotongan,

yang dapat menyebabkan deformasi material dan memperburuk kualitas permukaan benda kerja.

5. Keausan Pahat dan Kekerasan Permukaan

Keausan pahat yang terjadi akibat gaya gesek, suhu tinggi, dan interaksi mekanis antara alat potong dan benda kerja menyebabkan degradasi ketajaman pahat. Ketika pahat mengalami keausan signifikan, permukaan benda kerja yang dipotong menjadi lebih kasar karena ujung potong kehilangan ketajaman, menghasilkan gaya pemotongan yang tidak seragam. Hal ini terbukti dari peningkatan nilai kekasaran permukaan (R_a) seiring dengan bertambahnya keausan pahat.

6. Optimasi Parameter Pemesinan

Berdasarkan hasil penelitian ini, kombinasi kecepatan spindle 110 rpm dan waktu potong 5 menit menghasilkan tingkat keausan pahat yang paling rendah dan kualitas permukaan yang lebih baik. Oleh karena itu, pemilihan parameter pemesinan yang optimal sangat penting untuk meningkatkan efisiensi produksi dan memperpanjang umur pahat.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dengan adanya hasil yang tidak normatif pada parameter maka :

1. Penelitian Lebih Lanjut dengan Parameter yang Berbeda, disarankan untuk melakukan penelitian dengan mendapatkan data yang lebih banyak dengan menambahkan variasi parameter seperti kedalaman potong dan kecepatan pemakanan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh parameter pemesinan terhadap keausan alat potong.

2. Penggunaan Jenis Pahat yang Berbeda, dapat mengetahui lebih lengkap dampaknya terhadap kualitas hasil permukaan proses pemesinan.
3. Analisis Mikrostruktur Material dan pahat dapat dilakukan penelitian lanjut agar memahami lebih dalam tentang mekanisme keausan yang terjadi.
4. Untuk meningkatkan presisi dan reproduktifitas hasil penelitian, dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan mesin CNC yang memungkinkan kontrol lebih baik terhadap parameter pemesinan.
5. Karena dimungkinkan terjadi heterogenitas pada material maka dapat terjadi kecacatan pada material, akhirnya diperlukan penelitian untuk melihat kecacatan material (homogenitas material).
6. Pada proses pemesinan *tools* dapat terjadi atau mengalami *Built Of Edge (BUE)*, hal ini bisa dinyatakan kejadian yang *complicated* karena itu pengujian ini tidak meneliti tentang hal – hal yang mengakibatkan BUE.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pemilihan parameter pemesinan yang optimal guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses pembubutan material baja S45C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2019). Analisis Perbandingan Kekasaran Permukaan Pada Proses Turning. *Jurnal Teknik Mesin*, 11 (01), Hal 1-6.
- Rosandi, A., Sumbodo, W., Yudiono, H., & Kriswanto, K. (2021). Analisis Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Dan Getaran Pada Pembubutan Silindris Material Baja ST 60. *Jurnal Inovasi Mesin*, 3(1), 1-12.
- Nurdiansyah, M. S. A. I., & Sakti, A. M. (2022). Analisa pengaruh hardening terhadap kekerasan dan ketangguhan baja S45C dengan media pendingin air garam dan oli untuk aplikasi poros motor roda tiga. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(01), 123-128.
- Waluyo, E., Septian, A., Jerilian, E., Hidayat, I. N., Prahadi, M. A., Prasetyo, T., & Sabilah, A. I. (2024). Analisis data sample menggunakan uji hipotesis penelitian perbandingan menggunakan uji anova dan uji t. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 2(6), 775-785.
- Hidayat, A. F., & Zainudin, M. (2023). Perbandingan Hasil Pembubutan Dengan Menggunakan Mata Pahat Karbida Dan Mata Pahat Hss Di Bengkel Polmuh. *Nusantara Hasana Journal*, 2(10), 122-126.
- 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.
- Hartanto, O. B. (2019). Karakteristik Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut Material Baja St-37 Dengan Variasi Parameter Pemesinan Dan Geometri Pahat.
- Julianto, D. (2024). *Optimasi Parameter Proses Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Material S45C Menggunakan CNC Bubut Dengan Metode*

Taguchi (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).

Syahputra, M. (2024). *Analisa Pengaruh Feeding Pada Temperatur Mata Pahat Karbida Berlapis Pvd Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Karbon Sedang Pada Proses Pembubutan* (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).

Ahmadi, M. (2023). *Pengaruh Feeding Terhadap Keausan Mata Pahat Dan Kekasaran Benda Kerja Pada Pembubutan Baja ST 37 Menggunakan Mata Pahat Karbida Berlapis* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara). 1-31.

Bringas, J. E. (2004). *Hand Book of Comparative World Steel Standard s* (Buku Pegangan Perbandingan Standar Baja Dunia) , 2-669.

Alfian, A. (2021). *Molding Design Of Padang State Polytechnic Logo Souvenir Molding On Pressed Plastic Injection Molding Machine* 1,960 Kg/Cm². *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 16(2), 93-100.

Rahman, M. I., Shofa, A. N., & Setiawan, L. F. (2013, December). *Analisa dan Simulasi Gaya Potong pada Proses Machine Drilling dengan Menggunakan Software Ansys*. In *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian 2013*. Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education, 1-8.

Yusuf, M., Helmy, P., & Darmanto, D. (2020). *ANALISIS PENGARUH SUHU TEMPERING PADA BAJA S50C HASIL Pengerasan Permukaan Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik* (Doctoral dissertation, Universitas Wahid Hasyim), 1-48.

Handoko, E. D., & Bayuseno, A. P. (2012). *Analisis Korosi Erosi pada Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Sedang Akibat Aliran Air Laut* (Doctoral dissertation, Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University), 1-27.

- 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.
- Abidin, Z. (2010). Mekanisme keausan pahat pada proses pemesinan: sebuah tinjauan pustaka. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 6 (1), 9-16.
- Rathod, K. B., & Lalwani, D. I. (2018). Modeling of flank wear progression for coated cubic boron nitride tool during hard turning of AISI H11steel. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 6692-6701.
- Prasetyo, A. B. (2015). Aplikasi Metode Taguchi Pada Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat HSS Pada Proses Bubut Material ST 37. *Mekanika*, 13(2), 86-97.
- Salam, A., Sonda, L., & Herianto, A. (2015). Optimasi Keausan Pahat Pada Proses Penggurdian Benda Kerja Silindris. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 13(2), 131-144.
- Sunding, A., Husman, H., & Yudo, E. (2023). PERHITUNGAN WAKTU PROSES PEMESINAN EFEKTIF MESIN BUBUT. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Industri)*, 5(1), 23-38.
- Barat, A. (2015). Analisa Perhitungan Waktu dan Biaya Produksi pada Proses Drilling. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 2(2), 01-06.
- Dorlin, T., Fromentin, G., Costes, J. P., & Karaouni, H. (2016, October). Mechanistic cutting force model including the stress state induced by the chip flow contribution for cylindrical turning on Ti6Al4V alloy with two different nose radii. In *13th International Conference on High Speed Machining*, 1-7.
- Rusnaldy, R., Tauviqirrahman, M., & Prasetyo, Y. (2018). Pengaruh Proses Pembubutan Muka (Facing) pada Arah Forward dan Backward Terhadap Besarnya Defleksi yang Terjadi serta Daya Permesinan yang Dibutuhkan. *ROTASI*, 20(3), 144-148.

- Šalak, A., Vasilko, K., Selecká, M., & Danninger, H. (2006). New short time face turning method for testing the machinability of PM steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 176(1-3), 62-69.
- Nasution, A. R., Rahmatullah, R., & Harahap, J. (2021). Pengaruh variasi putaran spindle terhadap gaya potong pada proses pemesinan. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 95-103.
- Asbullah, A. (2023). *Perencanaan Sistim Kerja Roda Gigi Mesin Bubut dengan Jarak Titik Senter 2000 MM* (Doctoral dissertation, Universitas Tjut Nyak Dhien), 16-22.
- Sasiang, S. C., & Lubis, M. S. Y. (2023). ANALISIS WAKTU DAN UMUR PAHAT KARBIDE PEMBUBUTAN PEMBUATAN TOOL HOLDER MATERIAL MILD STEEL. *Journal of Syntax Literate*, 8(1), 472-480.
- Manurung, M. M., Leksonowati, N. F. P., Saputra, A., Pamungkas, N., Stefani, W., Batubara, N. H., ... & Muvariz, M. F. (2024). Studi Keausan Mata Pahat Pada Proses Pembubutan Material ST 37. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, 6(1), 7-11.
- Johan, C. (2020). Optimasi Umur Pahat Pada Proses Pembubutan Baja ST 42. *Journal Dynamic Saint*, 5(2), 968-972.
- Hermawan, D., Dona, D., Anwar, S., & Prayitno, D. (2022). Analisis Pengaruh Jenis Material Pahat dan Kecepatan Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 41 & ST 60. *Metrik Serial Teknologi dan Sains*, 3(2), 16-23.
- Purnomo, A. (2021). *Analisis Gaya Potong Pada Pembubutan Baja AISI 1018 Dengan Metode Elemen Hingga* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember), 1- 148.
- Wicaksono, D., & Bintoro, W. M. (2023). Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Keausan Alat Potong pada Proses Pembubutan Material S45C Menggunakan Persamaan Taylor. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(3), 371-376.

Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Analisis Pengaruh Nilai Variasi Temperatur Tempering Baja S45C Sebagai Bahan Pisau Mesin Pencacah Plastik

Setiawan, B. (2021). Analisis Keausan Pahat Dengan Menggunakan Metode Audio Signal Pada Pembubutan Baja ST 42, 1-5.

Rumondor, M., Poeng, R., & Gede, I. N. (2020). Pengaruh kecepatan aliran pendingin terhadap panas pemotongan pada pembubutan benda kerja silindris. *Jurnal Poros Teknik Mesin UNSRAT*, 9(2), 149- 160.

Sugiyono. (2006). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV ALFABETA.

Rochim, T. (1993). *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta: Laboratorium Teknik Produksi.

Montolalu, C., & Langi, Y. (2018). Pengaruh pelatihan dasar komputer dan teknologi informasi bagi guru-guru dengan uji-t berpasangan (paired sample t-test). *d\Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 7(1), 44-46.

Kida, K., Ishida, M., Furuse, M., Mizobe, K., & Santos, E. C. (2016). Effect of plastic deformation on magnetic fields around fatigue crack tips of carbon tool steel (JIS, SKS93). *International Journal of Fatigue*, 88, 156-165.

Kida, K., Santos, E. C., Uryu, M., Honda, T., Rozwadowska, J. A., & Saruwatari, K. (2013). Changes in magnetic field intensities around fatigue crack tips of medium carbon low alloy steel (S45C, JIS). *International journal of fatigue*, 56, 33-41.