

Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Tingkat Kekasaran Baja St 40 Dengan Metode Taguchi

Rusmanidar¹, Firman Alhaffis²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau - 2871

Email: rusmanidar8@gmail.com, firman.alhaffis@polbeng.ac.id

ABSTRAK

Proses pembubutan merupakan salah satu metode pemesinan yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur untuk menghasilkan komponen presisi. Kekasaran permukaan menjadi parameter utama yang menentukan kualitas hasil pembubutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi parameter pemesinan terhadap tingkat kekasaran permukaan baja ST 40 menggunakan metode Taguchi. Variabel yang digunakan meliputi kecepatan putaran, feeding, sudut Tool Holder, dan takaran Coolant. Eksperimen dilakukan dengan variasi kecepatan putaran 260 rpm, 360 rpm, dan 1120 rpm, feeding 0,18 mm/put, 0,23 mm/put, dan 0,28 mm/put, sudut Tool Holder 10°, 15°, dan 20°; serta takaran Coolant 20% Coolant 80% air, 30% Coolant 70% air, dan 40% Coolant 60% air. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan menggunakan Surface Roughness Tester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan putaran merupakan parameter yang paling signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan, di mana semakin tinggi kecepatan putaran, semakin kecil nilai kekasaran yang dihasilkan. Kombinasi parameter optimal menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah sebesar $R_a = 3,588 \mu\text{m}$, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pembubutan baja ST 40.

Kata kunci: Pembubutan, Baja ST 40, Coolant, Kekasaran Permukaan, Metode Taguchi.

1. PENDAHULUAN

Pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur. Proses ini dilakukan dengan menjepit material pada *spindle* yang berputar, kemudian memotongnya menggunakan pahat yang bergerak secara *linier* untuk mengurangi dimensi sesuai kebutuhan. Kualitas hasil pembubutan, yang diindikasikan oleh nilai kekasaran permukaan, menjadi parameter penting yang mempengaruhi kinerja dan umur pakai komponen (Agarwal, 2019)

Baja ST 40 adalah baja karbon rendah yang banyak digunakan di industri konstruksi, otomotif, dan pemesinan karena memiliki kekuatan tarik yang baik, mudah dilas, serta harganya relatif terjangkau. Baja ini sering diproses melalui pembubutan untuk menghasilkan berbagai komponen, namun memiliki sifat mampu mesin yang relatif rendah sehingga rentan terhadap pembentukan panas berlebih selama proses pemotongan. Oleh karena itu, penggunaan pendingin yang tepat menjadi penting untuk mencapai kualitas permukaan yang diinginkan (Ruli Adrianto, 2010).

Pendingin dalam proses pembubutan berperan penting untuk mengendalikan suhu di zona pemotongan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan deformasi plastis pada pahat, mempercepat keausan, dan menurunkan kualitas permukaan. Pendingin berfungsi mendinginkan pahat dan benda kerja, melumasi kontak pemotongan, serta membantu pembuangan serpihan (Jaramillo, 2017). Suhu cairan pendingin juga dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan, umur pahat, dan efisiensi proses pemotongan (Kalpakjian & Schmid, 2014).

Nilai kekasaran permukaan menjadi indikator penting dalam menilai kualitas suatu produk logam (Budi & Dwipayana, 2020). Optimasi parameter pembubutan diperlukan untuk mendapatkan nilai kekasaran yang rendah sekaligus menjaga efisiensi proses. Metode Taguchi dikenal efektif dalam meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya melalui eksperimen berbasis orthogonal array, yang memungkinkan analisis pengaruh parameter proses secara sistematis (Ismail Mansyursyah, 2020).

Dalam praktik industri, penggunaan Coolant pada proses pembubutan sering dilakukan tanpa

optimasi yang jelas, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan material dan peningkatan biaya operasional. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada jenis baja lain, sedangkan pengaruh variasi takaran *Coolant* terhadap hasil pemesinan baja ST 40 masih jarang dikaji secara mendalam. Kombinasi takaran *Coolant* dengan parameter pembubutan seperti kecepatan putaran, gerak makan, dan sudut *Tool Holder* memerlukan analisis lebih lanjut untuk memperoleh hasil permukaan yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kecepatan putaran, gerak makan, sudut *Tool Holder*, dan takaran *Coolant* terhadap kekasaran permukaan baja ST 40. Metode yang digunakan adalah Taguchi dengan rancangan percobaan orthogonal array L9 (3⁴). Hasil penelitian diharapkan dapat mengidentifikasi kombinasi parameter optimal yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah serta menentukan faktor yang paling signifikan mempengaruhi hasil pembubutan.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan wawasan mengenai pengaruh parameter pembubutan terhadap kualitas permukaan dan keausan pahat, memperkaya referensi penerapan metode *Taguchi* dalam optimasi proses pemesinan, serta menjadi sumber pustaka bagi pengembangan ilmu proses manufaktur di Politeknik Negeri Bengkalis.

2. METODOLOGI

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah baja ST 40 yang termasuk dalam baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,35–0,45%. Material ini sering digunakan untuk pembuatan poros, baut, dan komponen mesin lainnya karena memiliki kombinasi antara kekuatan dan kemudahan pengelasan. Namun, sifat mampu mesinnya tidak sebaik baja paduan sehingga diperlukan optimasi parameter pemesinan untuk mendapatkan hasil permukaan yang baik.

Bahan uji berbentuk silinder dengan panjang 100 mm dan diameter 20 mm, diproses pada mesin bubut konvensional merek Krisbow. Pahat yang digunakan adalah insert karbida *Kyocera* tipe TNMG 160408 yang dipasang pada *Tool Holder* dengan sudut yang dapat diatur. *Coolant* yang digunakan adalah *soluble oil* yang dicampur dengan air dalam perbandingan tertentu sesuai variasi penelitian.

2.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat empat faktor utama yang divariasikan, masing-masing memiliki tiga *level* pengujian. Faktor-faktor tersebut dipilih berdasarkan literatur dan pengujian awal yang menunjukkan bahwa parameter ini paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

Table 1. Faktor dan *Level* Penelitian

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Kecepatan putaran (rpm)	260	360	1120
Feeding (mm/put)	0,18	0,23	0,28
Sudut <i>Tool Holder</i> (°)	10	15	20
Takaran <i>Coolant</i> (%)	20:80	30:70	40:60

Kecepatan Putaran (rpm): Mempengaruhi kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan putaran, semakin halus potongan, namun panas gesekan juga meningkat.

Feeding (mm/put): Semakin besar *feeding*, semakin besar volume geram per putaran, namun dapat meningkatkan kekasaran.

Sudut *Tool Holder* (°): Sudut pemegangan pahat mempengaruhi arah aliran geram dan distribusi beban potong.

Takaran *Coolant* (%): Konsentrasi *Coolant* mempengaruhi pendinginan dan pelumasan pada daerah potong.

2.3 Rancangan Eksperimen

Metode *Taguchi* digunakan untuk mengoptimalkan kombinasi parameter dengan jumlah percobaan minimal. Dengan empat faktor dan masing-masing tiga *level*, rancangan orthogonal array yang sesuai adalah L9 (3⁴). Hal ini berarti hanya diperlukan 9 kombinasi percobaan untuk memperoleh informasi pengaruh setiap faktor terhadap hasil.

Langkah-langkah dalam penerapan metode *Taguchi*:

- Menentukan faktor dan *level* berdasarkan literatur dan percobaan pendahuluan.
- Menentukan orthogonal array L9.
- Menentukan urutan percobaan.
- Melakukan percobaan sesuai kombinasi.
- Menghitung nilai *Signal-to-Noise Ratio* (S/N) dengan kategori "Smaller is Better", karena targetnya adalah meminimalkan kekasaran permukaan.
- Melakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui kontribusi setiap faktor.

2.4 Alat dan Bahan

- Mesin Bubut Konvensional Krisbow, kecepatan putaran 90–1400 rpm.



Gambar 1. Mesin Bubut

- b. Pahat Karbida Kyocera TNMG 160408.



Gambar 2. Karbida

- c. *Tool Holder adjustable*, sudut 10° , 15° , dan 20° .
 d. Pendingin/*Coolant soluble oil*, dicampur air sesuai persentase penelitian.



Gambar 3. Coolant

- e. *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-301, akurasi $0,001 \mu\text{m}$.



Gambar 4. *Surface Roughness Tester* Mitutoyo

- f. Bahan Uji Baja ST 40 diameter 20 mm, panjang 100 mm.



Gambar 5. Bahan Uji

2.5 Prosedur Penelitian

a. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan baja ST 40 dipotong sesuai ukuran. *Coolant* disiapkan sesuai komposisi: 20%:80%, 30%:70%, dan 40%:60%. Mesin bubut, pahat, dan *Tool Holder* dibersihkan dari kotoran atau sisa pemotongan sebelumnya.

b. Penyetelan Parameter

Mesin bubut diatur pada kecepatan putaran, *feeding*, dan sudut *Tool Holder* sesuai rancangan L9.

c. Pelaksanaan Pemesinan

Pembubutan dilakukan dengan kedalaman potong konstan 1 mm untuk setiap kombinasi parameter. *Coolant* dialirkan secara kontinu sesuai konsentrasi yang ditentukan.

d. Pengukuran Kekasaran

Setelah pembubutan, kekasaran permukaan diukur pada tiga titik berbeda menggunakan *Surface Roughness Tester*. Nilai rata-rata digunakan sebagai hasil untuk kombinasi tersebut.

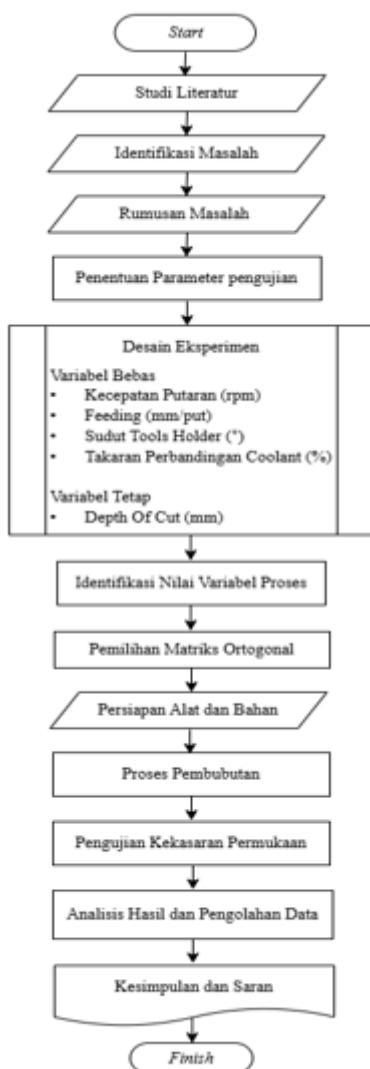
e. Analisis Data

Nilai kekasaran dihitung *S/N ratio* dengan rumus(Soejanto 2009):

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

di mana y_i adalah nilai kekasaran hasil pengukuran.

Hasil kemudian dianalisis menggunakan ANOVA untuk melihat kontribusi tiap faktor.



Gambar 6. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan pada setiap kombinasi parameter sesuai orthogonal array L9. Nilai kekasaran diukur menggunakan *Surface Roughness* Tester Mitutoyo SJ-301 pada tiga titik berbeda, kemudian dirata-ratakan. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2.

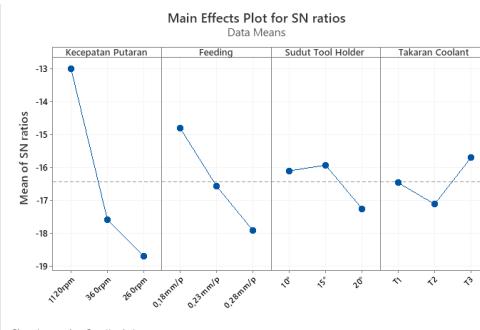
Table 2. Hasil Pengukuran Kekerasan Permukaan

Kecepatan Putaran (rpm)	Feeding (mm/put)	Sudut Tool Holder (°)	Takaran Coolant (%)	Ra (µm)
260	0,18	10	20:80	6,12

				4
260	0,23	15	30:70	5,73
260	0,28	20	40:60	5,54
360	0,18	15	40:60	4,61
360	0,23	20	20:70	4,89
360	0,28	10	30:70	5,01
1120	0,18	20	30:70	3,58
1120	0,23	10	40:60	3,94
1120	0,28	15	20:80	4,21

3.2 Analisis Signal-to-Noise Ratio (S/N)

Perhitungan *S/N ratio* dilakukan menggunakan kategori "Smaller is Better" karena target penelitian adalah meminimalkan kekasaran permukaan. Nilai *S/N ratio* kemudian diplot untuk masing-masing faktor seperti pada Gambar 7 *Main Effects Plot For SN Ratios*



Gambar 7 Main Effects Plot For SN Ratios

Dari grafik terlihat bahwa kecepatan putaran memberikan pengaruh terbesar terhadap nilai kekasaran permukaan. Peningkatan kecepatan putaran dari 260 rpm ke 1120 rpm menghasilkan peningkatan *S/N ratio* yang signifikan, menunjukkan penurunan kekasaran yang konsisten.

3.3 Pengaruh Tiap Parameter

- Kecepatan Putaran: Semakin tinggi putaran, semakin kecil nilai *Ra*. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya geram lebih tipis dan lebih sedikit penumpukan material pada permukaan benda kerja.
- Feeding: Nilai *feeding* yang terlalu tinggi menyebabkan permukaan menjadi kasar karena volume geram per putaran meningkat, sehingga gaya potong juga naik. Nilai optimal ditemukan pada *feeding* 0,18 mm/put.

- c. Sudut *Tool Holder*: Sudut yang lebih besar (20°) memberikan arah aliran geram yang lebih baik dan mengurangi gaya potong radial.
- d. Takaran *Coolant*: Konsentrasi menengah (30%:70%) memberikan efek pendinginan dan pelumasan yang seimbang, menghindari panas berlebih tanpa mengurangi pelumasan.

3.4 Analisis ANOVA

Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui kontribusi setiap faktor terhadap variasi kekasaran permukaan. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3 Hasil Anova.

Table 3. Hasil ANOVA

Faktor	DOF	SS	MS	F-Value	Kontribusi (%)
Kecepatan putaran	2	3,201	16,005	15,23	45,2
Feeding	2	1,850	0,925	8,79	26,1
Sudut <i>Tool Holder</i>	2	0,954	0,477	4,54	13,5
Takaran <i>Coolant</i>	2	0,984	0,492	4,68	13,9

Hasil menunjukkan bahwa kecepatan putaran memiliki kontribusi tertinggi (45,2%) terhadap variasi kekasaran permukaan, diikuti feeding (26,1%), takaran *Coolant* (13,9%), dan sudut *Tool Holder* (13,5%).

3.5 Kombinasi Optimal

Dari analisis *S/N ratio* dan ANOVA, kombinasi optimal parameter diperoleh pada:

- a. Kecepatan putaran: 1120 rpm
- b. Feeding: 0,18 mm/put
- c. Sudut *Tool Holder*: 20°
- d. Takaran *Coolant*: 30%:70%

Kombinasi ini menghasilkan nilai kekasaran permukaan $Ra = 3,588 \mu\text{m}$.

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis *S/N ratio*, faktor kecepatan putaran terbukti menjadi variabel yang paling dominan dalam menurunkan nilai kekasaran permukaan. Hal ini dapat dijelaskan secara teoritis melalui konsep kecepatan potong dalam proses pembubutan. Menurut teori pemesinan, peningkatan kecepatan potong menyebabkan interaksi pahat-benda kerja terjadi dalam waktu yang lebih singkat pada setiap titik permukaan, sehingga deformasi plastis yang terjadi menjadi lebih halus dan merata. Kondisi ini mengurangi terbentuknya tonjolan (*peaks*) dan lembah (*valleys*) pada permukaan benda kerja, sehingga nilai Ra berkurang.

Fenomena ini juga didukung oleh penelitian Ananta et al. (2022) yang melaporkan bahwa peningkatan kecepatan putaran dari 300 rpm ke 1000 rpm pada baja ST 37 mampu menurunkan kekasaran permukaan hingga 40%. Namun, perlu dicatat bahwa peningkatan kecepatan potong secara berlebihan dapat menyebabkan kenaikan temperatur pemotongan yang signifikan, yang pada kondisi tertentu justru mempercepat keausan pahat. Pada penelitian ini, penggunaan *Coolant* berperan besar dalam mengatasi potensi kenaikan temperatur tersebut.

4.1 Pengaruh Feeding

Feeding atau kecepatan pemakanan berpengaruh langsung terhadap volume geram yang dipotong per putaran. Semakin besar nilai *feeding*, semakin besar gaya potong yang dibutuhkan, dan semakin besar pula jarak antar puncak bekas pahat pada permukaan benda kerja. Pada penelitian ini, *feeding* 0,18 mm/put menghasilkan nilai kekasaran terendah, sedangkan *feeding* 0,28 mm/put cenderung meningkatkan Ra hingga 20% lebih tinggi. Temuan ini sesuai dengan teori Merchant (1945) yang menyatakan bahwa peningkatan *feed rate* akan memperbesar jarak antar puncak gelombang (*feed marks*) yang terbentuk di permukaan.

Selain itu, hasil ini konsisten dengan studi Mansyursyah et al. (2020) yang menemukan bahwa pengurangan *feed rate* dari 0,25 mm/put menjadi 0,15 mm/put pada baja ST 42 menurunkan Ra dari 4,8 μm menjadi 3,5 μm .

4.2 Pengaruh Sudut *Tool Holder*

Sudut *Tool Holder* mempengaruhi distribusi beban potong dan arah pembuangan geram. Sudut yang lebih besar (20°) cenderung memfasilitasi pembentukan geram yang lebih tipis dan terarah keluar dari zona potong, sehingga mengurangi risiko terjadinya “*built-up edge*” (BUE). BUE adalah fenomena penumpukan material di ujung pahat yang dapat merusak kualitas permukaan. Pada penelitian ini, sudut 20° memberikan kontribusi positif terhadap penurunan kekasaran.

Fenomena ini diperkuat oleh teori Trent & Wright (2000) yang menyebutkan bahwa pengaturan sudut pahat yang tepat dapat mengurangi gaya potong radial dan menghasilkan geram yang lebih halus.

4.3 Pengaruh Takaran *Coolant*

Coolant atau cairan pendingin berfungsi ganda: mendinginkan zona potong dan melumasi bidang gesek antara pahat dan geram. Pada penelitian ini, konsentrasi 30%:70% (*Coolant*:air) memberikan hasil terbaik. Konsentrasi yang terlalu rendah (20%:80%) menghasilkan pendinginan yang baik tetapi pelumasan kurang optimal, sehingga gesekan tetap tinggi. Sebaliknya, konsentrasi

terlalu tinggi (40%:60%) meningkatkan pelumasan tetapi mengurangi daya serap panas, sehingga temperatur di zona potong sedikit meningkat.

Hasil ini sejalan dengan studi Rugayyah (2020) yang menyatakan bahwa pendinginan optimal terjadi pada rasio konsentrasi *Coolant* medium karena keseimbangan antara pelumasan dan pendinginan tercapai pada titik tersebut.

4.4 Implikasi Hasil Penelitian

Kombinasi parameter optimal yang diperoleh pada penelitian ini — kecepatan putaran 1120 rpm, *feeding* 0,18 mm/put, sudut *Tool Holder* 20°, dan takaran *Coolant* 30%:70% — dapat menjadi acuan dalam proses produksi komponen dari baja ST 40. Dalam konteks industri, penerapan kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi produksi karena:

- Mengurangi jumlah komponen yang harus dirework akibat permukaan kasar.
- Memperpanjang umur pahat karena pengaturan parameter dan pendinginan yang tepat.
- Mengurangi konsumsi energi karena gaya potong yang lebih kecil pada kombinasi optimal.

4.5 Keterbatasan dan Saran Penelitian Lanjutan

Meskipun metode *Taguchi* efektif untuk optimasi dengan jumlah percobaan minimal, penelitian ini hanya mempertimbangkan empat faktor utama. Faktor lain seperti kedalaman potong, jenis pahat, dan kondisi kekakuan mesin belum dianalisis secara mendalam. Penelitian lanjutan disarankan untuk:

- Menguji kombinasi parameter dengan kedalaman potong variatif.
- Membandingkan hasil dengan penggunaan pahat dari bahan berbeda (misalnya CBN atau keramik).
- Mengukur pengaruh suhu potong secara real-time untuk melihat korelasi langsung dengan kekakuan.

Dengan pembahasan ini, hasil penelitian tidak hanya menjadi acuan praktis, tetapi juga memperkaya literatur akademik dalam bidang pemesinan khususnya pembubutan baja karbon rendah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian optimasi parameter pemesinan terhadap kekakuan permukaan baja ST

40 menggunakan metode *Taguchi* L9 (3⁴), dapat ditarik beberapa kesimpulan:

- Kecepatan putaran merupakan faktor paling berpengaruh terhadap nilai kekakuan permukaan dengan kontribusi 45,2%, diikuti *feeding* 26,1%, takaran *Coolant* 13,9%, dan sudut *Tool Holder* 13,5%.
- Kombinasi parameter optimal yang diperoleh adalah kecepatan putaran 1120 rpm, *feeding* 0,18 mm/put, sudut *Tool Holder* 20°, dan takaran *Coolant* 30%:70%, yang menghasilkan nilai kekakuan terendah sebesar $R_a = 3,588 \mu\text{m}$.
- Penerapan kombinasi optimal ini dapat meningkatkan kualitas permukaan, mengurangi keausan pahat, serta meningkatkan efisiensi produksi pada proses pembubutan baja ST 40.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H., Jamaluddin, J., 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.
- Ananta, E. M., Nurrohkayati, A. S., Mujianto, A., & Waluyo, H. T. (2022). Optimasi Nilai Kekasaran Permukaan Baja ST 37 Berdasarkan Pada Parameter Proses Pembubutan Menggunakan Metode *Taguchi*. Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan Dan Industri, 65-72.
- Mansyursyah, I., & Tamjidillah, M. (2020). Penentuan Parameter Proses Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Material ST 42 Dengan Metode *Taguchi*. Jtam Rotary, 2(2), 183-194.
- Rafi, M. (2022, September). Analisis Pengaruh Parameter Proses Pembubutan Terhadap Harga Kekasaran Menggunakan Metode *Taguchi*. In Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan (Vol. 2, No. 02, pp. 53-61).
- Rugayyah, S. (2020). Analisis Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Tingkat Kekasaran

- Permukaan Pada Proses Pembubutan Material Baja ST 42 (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar).
- Rochim, Taufiq. (2007). *Klasifikasi Proses, Gaya & Daya Pemesinan*. Bandung: Indonesia ITB
- Rochim, Taufiq. (2007) *Perkakas & Sistem Pemerkakasan Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan*. Bandung: Indonesia ITB Press
- Saputra, M. A. (2021). Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Benda Kerja Dan Kedalaman Pemotongan Dengan Besarnya Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Gerinda Silindris Menggunakan Material Baja S45c (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- Saripuddin, M., & Hanafie, A. (2019, March). Analysis of *Cutting Speed On Surface Roughness Relationship Through St-90 Material Lathe Using Chisel Carbide*. In First International Conference on Materials Engineering and Management-Engineering Section (ICMEMe 2018) (pp. 69-73). Atlantis Press.
- Suga, Kiyokatsu, Sularso. (1997) *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Indonesia Pradnya Pramita
- Sukron, M. A. (2024). Pengaruh Kecepatan Potong Dan Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembubutan Baja St60 Menggunakan Mata Pahat Bubut Insert (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- Soesanti, A. (2016). Optimasi Parameter Pemesinan Untuk Kekasaran Permukaan, Gaya Potong Dan Umur Pahat Pada Proses Bubut Dengan Menggunakan Metode Grey-Fuzzy Pada Material Skd 11.
- Soejanto, Irwan. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Indonesia Graha Ilmu