

OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA EMS 45 PADA PROSES *FINISHING* MESIN BUBUT KONVENSIONAL

OPTIMIZATION OF MACHINE PARAMETERS ON STEEL SURFACE ROUGHNESS EMS 45 FINISHING PROCESS OF TURNING MACHINE

Ilham Rinaldo Putra⁽¹⁾, Eko Indrawan⁽²⁾, Hendri Nurdin⁽³⁾, Budi Syahri⁽⁴⁾

(1), (2), (3), (4) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

rinaldoptr6@gmail.com

ekoindrawan@ft.unp.ac.id

hendrinurdin@ft.unp.ac.id

budisyahri.90@gmail.com

Abstrak

Kualitas permukaan benda kerja disebabkan oleh faktor parameter pemesinan, faktor tersebut ialah kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan. Permasalahan kekasaran akibat parameter pemesinan perlu diteliti dan dikaji agar diketahui seberapa besar pengaruhnya. Penelitian ini bermaksud agar kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan diketahui seberapa besar pengaruhnya terhadap kekasaran benda kerja. Eksperimen model *taguchi* digunakan pada riset ini. *Taguchi* digunakan agar kualitas dapat diperbaiki dengan penentuan parameter optimal agar kekasaran yang diperoleh lebih baik. Spesimen yang diuji ialah baja EMS 45 diameter 25 mm, panjang 90 mm, dengan dalam pemakanan 0,2 mm. penelitian ini menggunakan 3 variasi putaran spindle dan 3 variasi laju pemakanan yaitu putaran spindle 1459 rpm, 1658 rpm dan 1990 rpm dan laju pemakanan 0.040 milimeter/revolution, 0.120 milimeter/revolution dan 0.200 milimeter/revolution. kesimpulan yang diperoleh dari riset ini ialah kecepatan putaran dan laju pemakanan berpengaruh terhadap hasil kekasaran dengan persentase kontribusi terbesar ialah kecepatan putaran dengan kontribusi 78.67% pada *analysis of variance* rata-rata sedangkan pada SNR memberikan kontribusi 69,87%. Kontribusi laju pemakanan berkontribusi sebesar 11.63% pada ANOVA nilai rata-rata dan 10.03% pada SNR. Parameter pemesinan optimal pada penelitian ini ialah kecepatan spindle pada setingan 1990 rpm dengan laju pemakanan 0.200 milimeter/revolution. Parameter pemesinan yang telah ditentukan dengan optimal diharapkan mampu memperoleh kekasaran yang optimal.

Kata Kunci: Kekasaran Permukaan, *Taguchi*, Baja EMS 45, Kecepatan putaran, Kecepatan Pemakanan

Abstract

The quality of the workpiece surface is caused by machining parameter factors, these factors are spindle speed and feed speed. The problem of roughness due to machining parameters needs to be researched and studied in order to know how much influence it has. This research intends that the spindle speed and feed speed are known how much influence they have on the roughness of the workpiece. The taguchi model experiment was used in this research. Taguchi is used so that the quality can be improved by determining the optimal parameters so that the roughness obtained is better. The specimens tested were EMS 45 steel with a diameter of 25 mm, a length of 90 mm, with an infeed of 0.2 mm. This study used 3 variations of spindle rotation and 3 variations of feed rate, namely spindle rotation of 1459 rpm, 1658 rpm and 1990 rpm and feed rate of 0.040 millimeters/revolution, 0.120 millimeters/revolution and 0.200 millimeters/revolution. The conclusion obtained from this research is that rotational speed and feed rate affect the roughness results with the largest contribution percentage being rotational speed with a contribution of 78.67% on the average analysis of variance while the SNR contributes 69.87%. The rate of ingestion contributed 11.63% to the mean value ANOVA and 10.03% to the SNR. The optimal machining parameter in this study is the spindle speed at the setting of 1990 rpm with a feed rate of 0.200 millimeters/revolution. Machining parameters that have been determined optimally are expected to be able to obtain optimal roughness.

Keywords: Surface roughness, *Taguchi*, Steel EMS 45, Spindle speed, Feeding

I. Pendahuluan

Teknologi yang terus berkembang menjadi tuntutan baru bagi industri manufaktur agar produk yang dihasilkan bermutu dengan waktu produksi yang efisien dan *cost* yang rendah. Proses pemesinan ialah proses produksi dengan membuang beberapa bagian yang tidak dibutuhkan hingga membentuk produk dengan bentuk dan ukuran yang permukaannya baik (El Hofy, 2014).

Mesin bubut merupakan satu diantara mesin perkakas yang sering digunakan. Mesin bubut ialah yang digunakan untuk mengurangi benda dengan proses penyataan benda yang sedang berputar (Atmantawarna, 2013). Mesin ini bekerja dengan memutar benda kerja lalu menyayat secara melintang sejajar sumbu utama (Fari et al., 2016). Gerak memotong merupakan putaran dari benda kerja sedangkan gerak umpan merupakan gerakan dari pahat (Rumondor et al., 2020).

Benda kerja yang dihasilkan oleh proses pemotongan tersebut memiliki kualitas tertentu dan bila diketahui dari ketelitian dimensi, ketelitian bentuk serta kehalusan permukaan benda kerja tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian benda kerja adalah ketelitian mesin bubut yang dipergunakan dalam proses pemotongan benda kerja itu (Indrawan, A, Aziz, et al., 2020)

Parameter pemesinan harus disesuaikan dengan berbagai kriteria pemotongan untuk mencapai hasil yang optimal. Desain Taguchi adalah metode yang kuat, yang digunakan secara luas untuk mendapatkan penyesuaian optimal untuk mengontrol faktor (Rifelino et al., 2021)

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin yang digunakan untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian (A et al., 2019).

Penggunaan mesin bubut harus sesuai dengan rencana agar benda kerja sesuai dengan standar yang ditentukan oleh industri seperti ketelitian, kekasaran dan geometri. Karena akan menentukan keberhasilan benda kerja tersebut.

Kekasaran yang didapatkan tidak selalu sama dan tentunya berbeda, hal ini disebabkan oleh operator dan mesin yang dipakai (Paridawati, 2015). Kekasaran tidak selalu berhubungan dengan ukuran dan estetika tapi juga berkaitan dengan usia pakai suatu benda apalagi benda yang sering bergesekan (Prayoga et al., 2020). Kekasaran juga berkaitan dengan fungsi benda tersebut karena jika benda tersebut tidak sesuai maka benda tersebut tidak berfungsi baik (Bangun, 2001). Kekasaran disebabkan juga oleh pengguna mesin, mesin yang digunakan, pahat, *coolant* dan parameter mesin (Jauhari, 2017). Kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan harus ditentukan agar memperoleh kekasaran yang bagus (Habibullah et al., 2016). Parameter yang digunakan juga disesuaikan dengan alat potong, bahan yang dikerjakan pada mesin bubut (Adzkari, 2017). Material yang digunakan biasanya menghasilkan kekasaran yang rendah sedangkan material yang liat menghasilkan kekasaran yang tinggi (Kirono et al., 2010). Kekasaran yang baik akan diperoleh apabila parameter yang digunakan cocok dan tepat (Draganescu et al., 2003). Kekasaran permukaan yang baik dapat dilakukan dengan berbagai proses salah satunya adalah melalui proses *finishing* (Rodrigues et al., 2010). Proses finishing dilakukan untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang diinginkan. Laju pemakanan dan kecepatan spindel merupakan parameter dalam pekerjaan menggunakan mesin (Indrawan, A, Rifelino, et al., 2020). Ketidaksiharian pemakaian laju pemakanan dan kecepatan spindel akan mengakibatkan kekasaran permukaan yang kasar dan dapat merusak ketahanan *tool* potong bahkan durasi penggunaan pahat lebih pendek karena kerusakan tersebut (Salam, 2020).

Masalah yang sering dihadapi operator pada saat bekerja yaitu sulit dalam menentukan parameter cocok, sehingga operator sering mengambil jalan pintas dengan cara trial and error (Wibowo, 2016). Trial and error ialah tindakan coba-coba dengan menyetting parameter mesin yang mengakibatkan waktu produksi terbuang sia-sia (Mujiono, 2016).

Masalah yang telah terjadi perlu dilakukan penelitian dengan mengkaji dan meneliti parameter mesin yang tepat agar memperoleh kekasaran permukaan yang dibutuhkan (Mustafik, 2020). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh setiap parameter mesin yang digunakan dan bisa dioptimasi agar memperoleh kekasaran yang baik, maka untuk mengetahui settingan yang optimal didapatkan setelah dilakukan riset melalui pengujian. Hasil uji yang telah dilakukan bertujuan untuk mendapatkan kekasaran permukaan baja karbon EMS 45 yang optimal berdasarkan variasi kecepatan putaran spindel dan laju pemakanan.

II. Metode Penelitian

A. Jenis Penelitian

Riset ini memakai metode eksperimental dengan pendekatan taguchi yang bersifat analitik (Novrialdy et al., 2021). Pendekatan taguchi bertujuan untuk memperbaiki mutu dengan dengan upaya yang tepat dengan biaya rendah. OA dipakai untuk menentukan batas minimum pengujian yang dilakukan tetapi memperoleh informasi lebih maksimum perihal dampak parameter (Yang & El-Haik, 2003).

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli – Oktober 2021. Pembuatan spesimen uji dilaksanakan di Workshop Pemesinan UNP. Pengukuran spesimen uji dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi&Metrologi.

C. Objek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada kekasaran permukaan benda kerja baja karbon EMS 45 melalui pembubutan memakai alat potong jenis karbida menggunakan laju pemakanan dan kecepatan spindel pada proses *finishing*. Penelitian ini menggunakan 3 variasi kecepatan putar dan laju pemakanan agar diperoleh setingan mesin yang optimal pada proses *finishing* dengan dalam pemakanan 0,2 mm dan pengukuran sebanyak 3 kali pada setiap spesimen. Spesimen uji sebanyak 9 buah maka total pengukuran yang dilakukan sebanyak 27 kali pengukuran.

D. Alat dan Bahan Penelitian

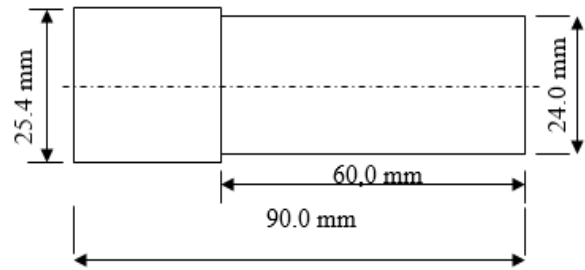
Peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam riset ini agar penelitian dapat berjalan dengan baik antara lain:

1. Mesin bubut kent USA
2. Alat uji kekasaran
3. *Vernier caliper*
4. Baja EMS 45

E. Perencanaan Penelitian

1. Rancangan pengujian

Dimensi benda kerja yang diteliti ialah diameter 25.4 mm panjang 90 mm untuk bakal dan untuk pembubutan dilakukan bubut rata sedalam 1.2 mm lalu dilakukan penghalusan permukaan dengan finishing sedalam 0.2 mm. supaya lebih rinci desain spesimen dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Spesime uji

2. Pemilihan Seting Parameter

Faktor bebas pada pengujian ini adalah laju pemakanan yang dipakai adalah mulai dari 0.040, 0.120 dan 0.200 mm/revolution. Variasi putaran spindel yang dipilih yaitu 1227, 1459 dan 1990 rpm. faktor terikat yang dipilih ialah kasar permukaan sedangkan faktor yang dikontrol ialah kedalaman makan yaitu 0.2 mm. oenentuan faktor dan seting parameter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Faktor dan Level Percobaan

Faktor	Level		
	1	2	3
Kec. Spindel	1227	1459	1990
Dalam makan	0.2	0.2	0.2
Laju pemakanan	0.040	0.120	0.200

F. Analisis Data

Hasil yang didapatkan setelah kekasaran diukur selanjutnya dilakukan analisis data supaya p yang dilakukan memperoleh hasil dan dapat disimpulkan. *Analysis of variance* dan SNR digunakan pada penelitian ini sehingga hasil analisis yang diperoleh juga dapat memperoleh penyetingan optimal pada mesin.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil

Pengukuran yang sudah dilakukan untuk melihat data kekasaran yang diperoleh oleh proses bubut dapat dilihatpada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekasaran

Spes.	Putaran (rpm)	feeding mm/rev	a (mm)	Kekasaran setiap Titik (Ra)			Rata-rata
				T ₁	T ₂	T ₃	
1		0.040	0.2	2.68	2.99	1.49	2.39
2	1459	0.120	0.2	3.26	3.18	3.36	3.27
3		0.200	0.2	3.51	3.51	3.38	3.47
4		0.040	0.2	1.7	2.17	1.91	1.93
5	1658	0.120	0.2	2.24	2.58	2.15	2.32
6		0.200	0.2	3.52	2.99	2.33	2.95
7		0.040	0.2	0.27	0.23	0.25	0.25
8	1990	0.120	0.2	0.5	0.4	0.39	0.43
9		0.200	0.2	1.33	1.17	1.71	1.40

Data diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan kekasaran yang diperoleh pada setiap variasi yang digunakan. Kekasaran paling rendah yaitu 0.25 μm pada kecepatan putaran 1990 rpm dengan laju pemakanan 0.040 milimeter/revolution.

1. Perhitungan *Analysis of variance* Nilai Rata-rata

Data hasil perhitungan *analysis of variance* bisa dilihat dengan jelas ditunjukkan pada tabel 3..

Tabel 3. Tabel Respon Nilai Rata-rata

Level	Kec. Putar	Kec. Pemakanan
1	3.04	1.52
2	2.4	2
3	0.69	2.6
Delta	2.35	1.08
Peringkat	1	2

Data diatas menunjukkan faktor yang memberikan kontribusi terbesar dan berada pada peringkat pertama adalah kecepatan spindel dan kontribusi parameter selanjutnya adalah kecepatan pemakanan. Adapun data analisis variasi nilai rata-rata ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. ANOVA Nilai Rata-rata

Sumber	SS	DF	MS	F-Ratio	SS ²	Ratio%
A	8.78	2	4.4	31.6	8.52	78.67
B	1.67	2	0.84	6	1.3	11.63
Error	0.56	4	0.14		0.357	3.3
SST	10.82		1.35			
Mean	37.638					
SStotal	48.46					

Data diatas menunjukkan masing-faktor yang diteliti berpengaruh secara signifikansi. Kontribusi kecepatan spindel diketahui sebesar 78,67%, laju pemakanan berkontribusi sebesar 11,63% maka jika dibandingkan

parameter yang berkontribusi besar untuk kekasaran adalah kecepatan spindel.

2. Perhitungan ANOVA *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Perhitungan analisis variasi SNR ditunjukkan pada tabel respon SNR dan perhatikan tabel 5.

Tabel 5. Tabel Respon SNR

Level	Kec. Spindel	Kec. Pemakanan
1	-9.65	-0.53
2	-7.5	-3.45
3	5.4	-7.79
Delta	15.05	7.26
Peringkat	1	2

Data diatas menunjukkan apabila nilai respon faktor semakin besar maka faktor tersebut semakin baik, maka faktor yang paling baik dan memberikan kontribusi paing besar adalah kecepatan spindel dengan nilai delta 15.0627. Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai SNR

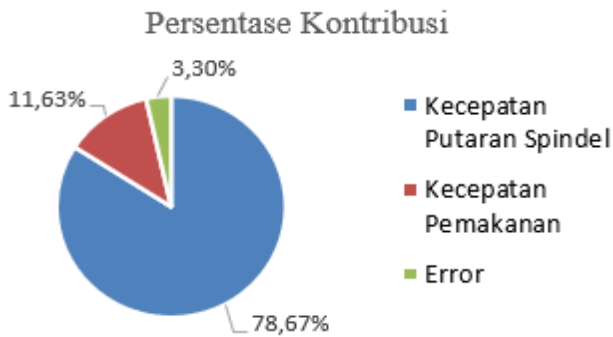
Sumber	SS	DF	MS	F-Ratio	SS ²	Ratio%
A	397.04	2	198.52	14.91	370.31	69.87
B	79.73	2	39.86	2.99	53.11	10.03
Error	53.22	4	13.30		106.83	20.1
SST	530	8	66.25			
Mean	138.89					
SStotal	668,89					

Data diatas menunjukkan masing-faktor yang diteliti berpengaruh secara signifikansi. Kontribusi kecepatan spindel diketahui sebesar 69,87%, laju pemakanan berkontribusi sebesar 10,03% maka jika dibandingkan parameter yang berkontribusi besar untuk kekasaran adalah kecepatan spindel.

B. Pembahasan

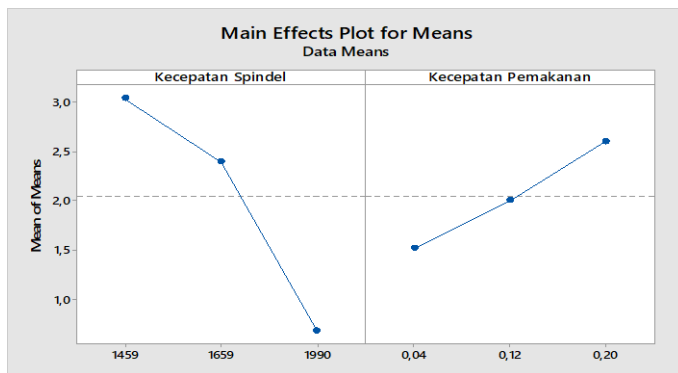
1. Analisa ANOVA Nilai Rata-rata

Data yang telah diperoleh dan dengan *analysis of variance* nilai rata-rata maka diperoleh faktor yang memiliki kontribusi dan pengaruh dimana yang terbesar adalah adalah kecepatan spindel yaitu 78.67% dan yang paling rendah yaitu kecepatan pemakanan 11.63% dengan error sebesar 3.30%. kontribusi masing-masing faktor dapat diperhatikan gambar 2.



Gambar 2. Grafik Persentase Kontribusi ANOVA Nilai Rata – Rata

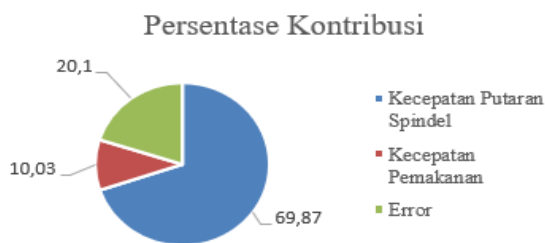
Pengaruh masing-masing faktor juga digambarkan berupa grafik agar dapat diketahui optimasi parameter pemesinan pada penelitian ini dimana setingan kecepatan spindle yang terbaik adalah pada putaran 1990 rpm dan setingan terbaik laju pemakanan adalah 0.040 mm/rev. Grafik tersebut bisa dilihat dari gambar 3.



Gambar 3. Grafik Main Effect Plot for Means

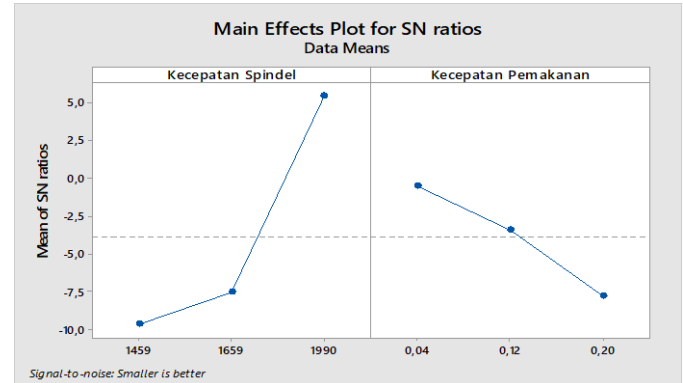
2. Analisis SNR

Hasil perhitungan SNR yang telah dilakukan diketahui bahwa kontribusi kecepatan spindle sebesar 69,87% dan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran, kontribusi laju pemakanan sebesar 10,03 dengan nilai error 3%. Persentase kontribusi bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Persentase Kontribusi ANOVA Nilai SNR

Pengaruh masing-masing faktor perhitungan ANOVA SNR juga digambarkan berupa grafik agar dapat diketahui optimasi parameter pemesinan pada penelitian ini dimana setingan kecepatan spindle yang terbaik adalah pada putaran 1990 rpm dan setingan terbaik laju pemakanan adalah 0.040 mm/rev. agar mudah dipahami perhatikan gambar 5.



Gambar 5. Grafik Main Effect Plot for SNR

3. Seting Parameter Optimal

Setingan optimal parameter diperoleh dengan melihat grafik *analysis of variance* nilai rata-rata dan ANOVA SNR dimana faktor yang memiliki pengaruh besar adalah kecepatan spindle dan yang kedua adalah laju pemakanan. Untuk setingan parameter optimal telah diperoleh yaitu dengan setingan spindle speed 1990 rpm dan feeding 0.040 mm/rev.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari riset ini ialah:

1. Kekasaran yang baik didapat apabila setingan kecepatan spindle tinggi dengan laju pemakanan yang rendah.
2. Kecepatan spindle merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran dengan persentase kontribusi 78.67%. jika dilihat dari ANOVA SNR kontribusinya sebesar 69.87%
3. Kecepatan pemakanan memberikan pengaruh kedua terhadap kekasaran dengan persentase kontribusi 11.63%. jika dilihat dari ANOVA SNR berkontribusi sebesar 10.03%.
4. Parameter setingan optimal yang diperoleh agar memperoleh kekasaran permukaan yang paling halus adalah dengan menggunakan kecepatan spindle 1990 rotasi/mnt dengan laju pemakanan 0.040 milimeter/revolusi.

Referensi

- A, Y., Indrawan, E., Helmi, N., Aziz, A., & Putra, Y. A. (2019). Pengaruh Sudut Potong dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel ST 37. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2), 29–36.
<https://doi.org/10.24036/invotek.v19i2.582>
- Adzkari, A. (2017). *Karakteristik Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Pembubutan Baja SS41 Akibat Perbedaan Nose Radius dan Kecepatan Potong pada Mesin Bubut CNC*.
- Atmantawarna, H. P. (2013). *Perbaikan Mesin Bubut dan Uji untuk kerja degan bahan besi Pejal*.
- Bangun, D. (2001). Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Variabel Putaran Permukaan Pada Proses Frais Mmc Matriks. *Jurnal Teknik Mesin*, 15–22.
- Draganescu, F., Gheorghe, M., & Doicin, C. V. (2003). Models of machine tool efficiency and specific consumed energy. *Journal of Materials Processing Technology*, 141(1), 9–15.
[https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00930-5](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00930-5)
- El Hofy, H. A. . (2014). *Fundamental of Machining Processes* (2nd ed.). Taylor & Francis Group, LLC.
- Fari, R. A., Malik, I., Junaidi, A., Sriwijaya, P. N., & Besar, B. (2016). Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin Bubut Mini Terhadap Proses Pemotongan (Komparasi Suhu Pemotongan Secara Eksperimental dan Numerik 2D). *Jurnal Austenit*, 8(1), 5–12.
- Habibullah, A., Arwizet, K., & Yufrizal, A. (2016). *Pengaruh Variasi Side Clearance Angle Pahat Hss Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Bahan St-60*. 203–212.
- Indrawan, E., A, Y., Aziz, A., Rifelino, R., & Tawakal, M. I. (2020). Analisis Kualitas Geometri Mesin Bubut Maximat Super 11. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 20(3), 71–80.
<https://doi.org/10.24036/invotek.v20i3.636>
- Indrawan, E., A, Y., Rifelino, R., & Herianto, R. F. U. A. (2020). Surface Quality Comparison of Down and Up cut Technique on CNC Milling Machine toward ST-37 Steel Material. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 2(1), 11–20.
<https://doi.org/10.46574/motivection.v2i1.65>
- Jauhari, N. A. (2017). Pengaruh Media Pendingin (Coolant) dan Geometri Pahat Potong terhadap Tingkat Kekasaran dan Makrostruktur pada Pembubutan Rata Memanjang Bahan Baja Ems-45.
- Kirono, S., Diniardi, E., & Prasetyo, I. (2010). Analisa Perubahan Dimensi Baja AISI 1045 Setelah Proses Perlakuan PANAS (Heat Treatment). *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1–11.
- Mujiono. (2016). *Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses End Milling Surface*.
- Mustafik, R. (2020). *Pengaruh kecepatan pemakanan dan kecepatan potong terhadap tingkat kekarasan permukaan baja vcn 150 proses cnc turning*. 1–57.
- Novrialdy, Y., Arwizet, K., Yufrizal, A., & Prasetya, F. (2021). *Pengaruh Variasi Feed Rate Terhadap Kekasaran Permukaan Polyethylene Menggunakan Mesin Cnc Milling the Effect of Feed Rate Variation on Polyethylene Surface Roughness Using a Cnc Milling*. 3(2), 25–33.
- Paridawati. (2015). Pengaruh Kecepatan Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja Pada Mesin Bubut. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 3(1), 53–67.
- Prayoga, Y., Jufriadi, J., & Mawardi, M. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Frais. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 19.
<https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1740>
- Rifelino, Rahim, B., & Indrawan, E. (2021). Optimization of CNC Turning Parameters Using Taguchi Method. *Teknomekanik*, 4(1), 42–48.
- Rodrigues, A. R., Matsumoto, H., Yamakami, W. J., Paulo, R. G. D. R., & De Assis, C. L. F. (2010). Effects of milling condition on the surface integrity of hot forged steel. *Journal of the*

Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 32(1), 37–43.
<https://doi.org/10.1590/S1678-58782010000100006>

Rumondor, M. J., Poeng, R., & Gede, I. N. (2020). Pengaruh Kecepatan Aliran Pendingin terhadap Panas Pemotongan pada Pembubutan Benda Kerja silindris. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 9(2), 149–160.

Salam, R. (2020). *Pengaruh kecepatan potong (Vc) terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan kering baja ASTM A 29 menggunakan pahat karbida berlapis T itanium Aaluminium Nitrida (TiAlN)*. 18(Vc), 61–67.

Wibowo, A. H. (2016). Analisis Pengaruh Feeding Pada Proses End Milling Surface Finish Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah. *Mesin, Jurusan Teknik Teknik, Fakultas Semarang, Universitas Negeri*.