

OPTIMASI PENGARUH SUDUT PEMAKAIAN PAHAT MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN METHODE TAGUCI

¹*Suhartoyo, ² Sriyanto

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, STT Warga Surakarta, JL Raya Solo Bki Km 2 Kwarasan Sukoharjo
e-mail: ¹*suhartoyo@sttw.ac.id, ²sriyanto@sttw.ac.id

ABSTRAK

Manufaktur saat ini berkembang sangat pesat tiada henti untuk berkembang. Salah satu mesin pendukung manufaktur adalah mesin milling. Mesin milling menggunakan putaran mesin dan pahat untuk melakukan pekerjaan permesinan. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kekasaran hasil pengerjaan milling karena pengaruh sudut pemakanan pahat yang dihasilkan pada waktu digunakan untuk pengerjaan milling. Bahan penelitian menggunakan baja karbon ST 37, pengerjaan dengan mesin milling bermerk kaofong. Ukuran benda uji dalam penelitian ini adalah lebar 40 tinggi 40 mm dan panjangnya 110 mm. Pahat yang digunakan untuk penelitian adalah pahat endmill berdiameter 20 mm, proses pemakanan benda kerja dengan pendingin. Hasil penelitian dapat menghasilkan tingkat kekasaran yang baik pada putaran mesin (n) sebesar 1000 rpm (A_2), kecepatan pemakanan (V_c) sebesar 50 mm/min, kedalaman pemakanan (T_p) sebesar 0.3 mm, sudut mata sayat sebesar 2° . Hasil kekasaran permukaan rata-rata sebesar 0,768 μm . Nilai kekasaran standar sebesar 0,80 μm . Perhitungan dengan Analisis of Varian (ANOVA) dan Rasio S/N dapat diketahui formulasi A_2, B_2, C_2, D_1, E_1 untuk respon kekasaran permukaan.

Kata kunci : milling, jenis pahat, putaran, pendingin, kekasaran.

Pendahuluan

Dunia manufaktur luar biasa dalam perkembangannya, hampir semua sektor industri memerlukan teknologi yang berasal dari proses manufaktur. Perkembangan permesinan dan hasil pengerjaan menjadi salah satu faktor pendukung keberhasilan pengerjaan, mesin milling menjadi salah satu mesin yang digunakan untuk pengerjaan permesinan khusus untuk pengerjaan rata, radius dan pengerjaan pembuatan alur (Meng et al., 2020). Mesin milling juga bisa digunakan pengerjaan penyayatan (*cutter*) (Nurlaila et al., 2020) dengan memasang pahat endmill cutter terbuat dari bahan HSS (*High Speed Steel*).

Endmill cutter memiliki satu sisi yang diasah membentuk sudut potong. Sudut potong *endmill* untuk setiap karakteristik material benda kerja berbeda-beda agar hasil pemotongan dapat optimum. Pembuatan sudut potong ini akan mempengaruhi ketajaman *endmill* pada saat digunakan. Jika pahat tidak tajam maka dihasilkan permukaan benda milling yang kasar. Pengaruh sudut potong pahat *endmill* juga sangat berpengaruh pada hasil milling. Jika sudut potong terlalu besar akan menghasilkan ujung pahat yang lancip sehingga akan mempercepat keausan pahat, keausan pahat ini berpengaruh pada permukaan benda hasil milling. Semakin pahat tumpul maka permukaan benda menjadi kasar.

Pengaruh jenis pendingin (Mataram & Saputra, 2020) pada waktu proses permesinan milling juga dapat mempengaruhi tingkat kekasaran benda kerja hasil permesinan milling dan mengurangi keausan pahat (Siregar, 2021). Untuk memperpanjang umur pahat *endmill* perlu digunakan media pendingin (Zainudin, 2020). Pengerjaan permesinan tentunya harus memperhatikan pendinginan pahat dengan memberikan cairan pendingin dan yang harus diperhatikan adalah pemakanan saat pengerjaan milling adalah kedalaman pemakanan, kecepatan pemotongan, kecepatan makan pahat terhadap benda dan getaran mesin (Zaira & Wijianto, 2020). Sedangkan untuk kondisi dengan cairan pendingin, faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan makan dan geometri pahat

(Haripriadi, 2020), tetapi hasil pengerjaan benda kerja bila menggunakan cairan pendingin hasilnya lebih halus dibandingkan tidak menggunakan cairan pendingin (Moayyedien et al., 2020). Pada prinsipnya jenis pemotongan pahat milling adalah sebagai berikut : pemotongan *face cutting*, pemotongan *side cutting* (pemotongan *climbing* dan pemotongan *conventional*). Pahat milling merupakan sebuah alat penyayat bahan untuk pekerjaan permesinan yaitu mesin milling. Jenis pahat akan berpengaruh terhadap kualitas hasil. Bentuk pahat untuk mesin milling berbentuk bulat dan sekelilingnya bergerigi. Pahat yang digunakan adalah pahat ujung atau *end milling cutter*, pahat ujung bergigi di sekeliling badanya dan juga pada ujungnya, ada yang bertangkai (lurus atau tirus)(Zainudin, 2020).

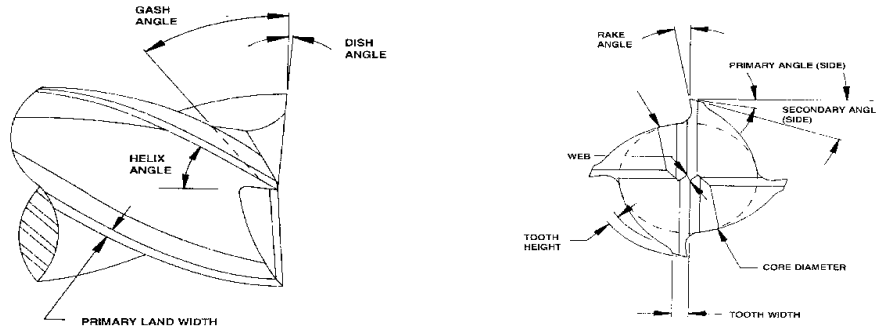
Pengaruh geometri pahat juga berpengaruh pada tingkat keausan pahat. Pemilihan dan penggunaan pahat pada proses milling sangat berpengaruh pada proses permesinan dan hasil pengerjaan, pahat yang sering digunakan adalah jenis HSS (Obukhov et al., 2020).



Gambar 1. Pisau Ujung (*Endmill cutter*) (Lucky Wihelman Putra dkk, 2022)



Gambar 2. Bagian potong pahat jenis *endmill cutter*



Gambar 3. Penampang pahat jenis *endmill cutter* (Wijayanto, 2019).

Jumlah putaran (*n*) yang digunakan tergantung dari kecepatan potong (Liu et al., 2019) dan diameter *cutter*. Kecepatan Potong *cutter* (Tarage et al., 2020) merupakan kemampuan pahat sebagai alat potong untuk melakukan panjang penyayatan dalam kurun waktu tertentu atau panjang sayatan/ waktu (meter/menit).

Pahat akan cepat tumpul bila digunakan untuk penyayatan secara dalam dan putaran tinggi tanpa pendingin, tetapi bila kecepatan putaran rendah akan berpengaruh terhadap kemampuan potong. Dengan Rumus :

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.D} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Cs = Kecepatan potong (m/menit)

D = diameter cutter (mm)

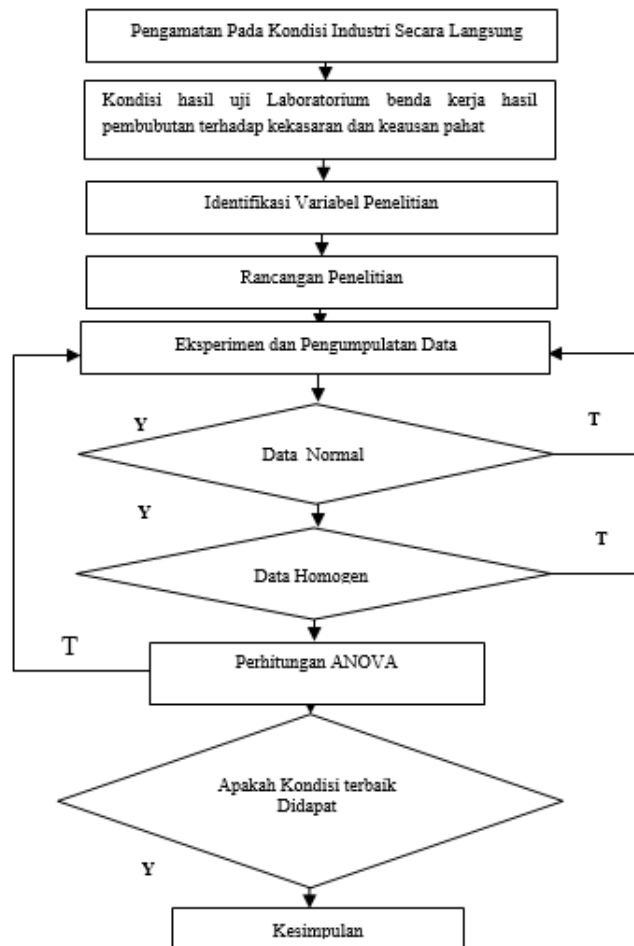
n = Putaran (rpm)

Metodologi Penelitian

Bahan penelitian menggunakan baja karbon ST 37, pengerjaan dengan mesin milling untuk mengetahui kekasaran permukaan hasil sayatan pahat yang digunakan, mesin milling yang digunakan bermerk kaofong. Ukuran benda uji dalam penelitian ini adalah 40x40 mm dan 110 mm untuk ukuran panjangnya. Pahat yang digunakan untuk penelitian adalah pahat endmill 20 mm diameternya. Pengerjaan penyayatan benda kerja ST. 37 menggunakan pendingin.

Populasi sebanyak 24 buah bahan ST 37 sebagai bahan sampel yang dikerjakan oleh mesin bubut, dan dibagi sampel yang diambil sebanyak 8 buah sampel diukur pada nilai kekasaran permukaan bahan dan 8 buah sampel untuk keausan pahat. Setiap variasi dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk mendapatkan data kekasaran permukaan, dengan menggunakan urutan seperti yang diterapkan di metode anova dengan 2 level 5 faktor. Dalam penelitian ini digunakan dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

Kecepatan potong, laju pemakanan, ketebalan pemakanan, sudut potong pahat, dan pendingin yang digunakan merupakan variable bebas dalam penelitian ini. Variabel terikat ditentukan yaitu putaran mesin, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, sudut mata sayat, pendingin menggunakan bromus dan oli. Kualitas yang dihasilkan berasal dari munculnya variasi yang kemudian ditentukan validitas untuk menentukan kualitas dan kepresisian hasil pengerjaan.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan alat roughness tester dapat menghasilkan angka kekasaran benda kerja setelah dilakukan pemakanan dengan mesin milling sesuai variasi yang telah ditentukan. Data hasil pengujian kekasaran permukaan dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

EKSP	Faktor					Kekasaran Permukaan (μm)		
	A	B	C	D	E	R ₁	R ₂	R ₃
1	1	1	1	1	1	0.789	0.799	0.778
2	1	1	2	2	2	0.801	0.797	0.798
3	1	2	2	1	2	0.799	0.801	0.802
4	2	2	2	2	1	0.778	0.781	0.777
5	2	2	1	1	1	0.768	0.767	0.769
6	2	1	1	2	2	0.769	0.770	0.773

Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah data hasilnya normal atau tidak normal. Uji normalitas digunakan untuk menguji. Uji normalitas dilakukan dengan menetapkan hipotesis penelitian. Hipotesis ini terdiri dari H₀ dan H₁, yang merupakan data hasil eksperimen kekasaran permukaan distribusi normal dan tidak berdistribusi normal. Kriteria pengujian ditetapkan oleh tingkat signifikansi 5%, yaitu H₀ diterima jika \leq . H₀ ditolak jika $>$.

Tabel 2. Kolmogorov-Smirnov Test Kekasaran permukaan

		VAR00001
N		18
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.784222
	Std. Deviation	.0136836
Most Extreme Differences	Absolute	.214
	Positive	.175
	Negative	-.214
Kolmogorov-Smirnov Z		.907
Asymp. Sig. (2-tailed)		.384

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa $X^2_{hitung} \leq X^2_{tabel}$ atau dengan angka $0,881 \leq 12,5$, yang berarti H₀ diterima. Hasil penelitian menunjukkan bahwa k buah (k Menetapkan hipotesis bahwa data respons kekasaran permukaan dari eksperimen mungkin homogen atau tidak homogen. Tabel penolong uji *bartlett* harus dibuat seperti berikut:

Tabel 3. Daftar Penolong Uji Bartlett Kekasaran Permukaan

Replikasi	N-1	1/N-1	Si ²	Log Si ²	(N-1)logSi ²
1	5	0.20	0.478	-0.320	-2.243
2	5	0.20	0.466	-0.332	-2.323
3	5	0.20	0.743	-0.129	-0.905
Total	15				-5.471

Tabel 4. Bartlett Tes Kekasaran Permukaan

S ²	0.00021			Kesimpulan : Data homogen
B	-55.155			
Chi-sq hit	0.052			
Chi-sq tab	3.841			

Menghitung variansi gabungan dari semua sampel (s^2)

$$s^2 = \frac{\sum (N_i - 1) s_i^2}{\sum (N_i - 1)} = 0,00021 \dots\dots\dots (2)$$

Menghitung harga satuan B

$$B = (\text{Log } s^2) \sum (N_i - 1) \dots\dots\dots (3)$$

$$B = -55,155$$

Menghitung χ^2_{hitung} adalah sebagai berikut,

$$\chi^2_{\text{hitung}} = (\ln 10) \{B - \sum (n_i - 1) \log s_i^2\} \dots\dots\dots (4)$$

Hasil χ^2_{hitung} sebesar 0,052

Menetapkan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$

Menetapkan kriteria pengujian:

H_0 diterima apabila $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$

H_0 ditolak apabila $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$

Menetapkan derajat kebebasan (dk) = $A-1 = 1$, yaitu 3,841

Membandingkan χ^2_{hitung} dan χ^2_{tabel}

χ^2_{tabel} peluang $\alpha = 0,05$ (tabel chi-kuadrat) dengan derajat kebebasan(dk) = 1 yaitu sebesar 3,841. Karena $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$ yaitu $0,052 \leq 3,841$ maka H_0 diterima

Membuat kesimpulan

Karena $\chi^2_{\text{hitung}} < \chi^2_{\text{tabel}}$ artinya data kekasaran permukaan homogen

Analisis variansi (ANOVA) kekasaran permukaan, bahwa data sudah berdistribusi normal dan variannya homogen. Hipotesis (H_0 dan H_1) dalam bentuk kalimat.

H_0 = Tidak terdapat perbedaan kekasaran permukaan yang signifikan antara faktor A,B,C,D,dan E

H_1 = Terdapat perbedaan kekasaran permukaan yang signifikan antara factor A,B,C,D,dan E. Dimana Hipotesis (H_0 dan H_1) adalah $H_0 : \mu_1 = \mu_2$, $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$, daftar statistik induk terlihat di tabel 5

Tabel 5. Tabel Rata-rata Respon Tiap Eksperimen kekasaran permukaan

Kekasaran Permukaan (μm)			\bar{y}
y1	y2	y3	
0.789	0.799	0.778	0.789
0.801	0.797	0.798	0.799
0.799	0.801	0.802	0.801
0.778	0.781	0.777	0.779
0.768	0.767	0.769	0.768
0.769	0.770	0.773	0.771

Perhitungan rata-rata respon kekasaran permukaan eksperimen pertama:

$$\bar{y}_1 = \frac{y_1 + \dots + y_3}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{0,789 + 0,799 + 0,778}{3} = 0,789$$

Rata-rata keseluruhan eksperimen kekasaran permukaan

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{0,789 + 0,801 + \dots + 0,769 + 0,773}{18} = 0,784$$

Jumlah kuadrat total (S_T)

$$ST = \sum y^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$= 0,789^2 + 0,801^2 + \dots + 0,773^2 = 11,073$$

jumlah kuadrat rata-rata (S_m)

$$Sm = n \times \bar{y}^2 \dots\dots\dots (7)$$

$$= 18 \times 0,784^2$$

$$= 11,070$$

The Sum of squares of due to factors atau jumlah kuadrat karena faktor- faktor :

$$SA = \left[\sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{A^2}{n_{Ai}} \right) - \frac{T^2}{N} \right] \dots\dots\dots (8)$$

$$= 12 \times 9.500^2 + 12 \times 4.616^2 - 8.303$$

$$= 0,994$$

Derajat bebas (V_f), yaitu:

a. Degree of freedom total (v_{fT})

$$v_{fT} = N - 1$$

$$= 18 - 1$$

$$= 17$$

b. Degree of freedom suatu faktor

Contoh perhitungan untuk faktor A.

$$v_{fA} = kA - 1 = 2 - 1 = 1$$

c. Degree of freedom error (v_e)

$$v_{fe} = v_{fT} - v_{faktor} \dots\dots\dots (9)$$

$$= 17 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 = 12$$

Jumlah kuadrat karena error (S_e)

$$Se = ST - Sm - SA - SB - SC - SD - SE \dots\dots\dots (10)$$

$$= 11,073 - 11,070 - 0,994 - 0,897 - 0,879 - 0,00003 - 0,00008$$

$$= 0,001$$

Rata-rata jumlah kuadrat suatu faktor: perhitungan Mq faktor A:

$$Mq_A = \frac{SA}{v_{fA}} = \frac{0,994}{1} = 0,994 \dots\dots\dots (11)$$

Menghitung F (ratio suatu faktor):

$$F - \text{ratioA} = \frac{Mq_A}{Mq_e} = \frac{0,994}{0,0009} = 1116,943 \dots\dots\dots (12)$$

Menghitung S' (pure of square) suatu faktor perhitungan S' faktor A:

$$SA' = SA - (v_{fA} \times Mq_e) \dots\dots\dots (13)$$

$$= 0,994 - (1 \times 0,00009)$$

$$= 0,994$$

Menghitung P (persen kontribusi) suatu faktor, perhitungan P faktor A:

$$\rho_A = (SA' / st) \times 100 \% \dots\dots\dots (14)$$

$$= \left(\frac{0,994}{11,073} \right) \times 100 \%$$

$$= 35,868\%$$

Menghitung α (tingkat signifikansi), $\alpha = 5 \%$

Menentukan kriteria pengujian

H_0 diterima jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Dengan taraf signifikansi 5 %, masing-masing dari lima faktor kendali A, B, C, D, dan E memiliki F tabel sebesar 4.750, dengan dfA (v_1 pembilang) = 1, dfB (V_1 pembilang) = 1, dfC (V_1 pembilang) = 1, dfE (V_1 pembilang) = 1, dan dfe (V_2 penyebut) = 12. Jika faktor A,B,C lebih besar dari F tabel, maka H_0 ditolak, yang menunjukkan bahwa faktor A,B,C berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan. Namun, jika faktor D,E lebih kecil dari F tabel, maka H_0 diterima, yang menunjukkan bahwa faktor D,E tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan. (Tarage et al., 2020).

Tabel 6. Hasil Perhitungan ANOVA

Faktor	db (v)	SS (Sq)	MS(Mq)	F hit (F-ratio)	F tabel	SS'(Sq')	P%
A	1	0.994	0.994	11616.943	4.750	0.994	35.868
B	1	0.897	0.897	10485.195	4.750	0.897	32.374
C	1	0.879	0.879	10269.382	4.750	0.879	31.707
D	1	0.000033	0.000033	0.381818	4.750	-0.000053	-0.001909
E	1	0.000081	0.000081	0.942857	4.750	-0.000005	-0.000176
error	12	0.001	0.00009			0.001	0.052
Total	17						

Faktor A, B, dan C adalah faktor yang berdampak signifikan terhadap respons kekasaran permukaan secara statistik, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 7. Seperti yang ditunjukkan, nilai statistik hitung (f hitung) lebih besar daripada nilai statistik tabel (f tabel).

Tabel 7. signal to noise ratio (SNR)

Trial	Kekasaran Permukaan (μm)								Rerata (\bar{Y})	SNR
	A	B	C	D	E	N ₁	N ₂	N ₃		
1	1	1	1	1	1	0.789	0.799	0.778	0.789	2.105
2	1	1	2	2	2	0.801	0.797	0.798	0.799	1.996
3	1	2	2	1	2	0.799	0.801	0.802	0.801	1.975
4	2	2	2	2	1	0.778	0.781	0.777	0.779	2.217
5	2	2	1	1	1	0.768	0.767	0.769	0.768	2.336
6	2	1	1	2	2	0.769	0.77	0.773	0.771	2.306

Dari Tabel *Signal to noise ratio* (SNR) di dapat nilai yang paling tinggi yaitu 2,336. Dengan kombinasi Faktor dan level A₂,B₂,C₁,D₁,E₁. Didapat hasil kekasaran permukaan rata-rata sebesar 0,768 μm . Sedangkan Nilai kekasaran Standar sebesar 0,80 μm . Dengan

kombinasi Faktor level terjadi peningkatan kekasaran (Yufrizal et al., 2020) permukaan sebesar $0,80 \mu\text{m} - 0,768 \mu\text{m} = 0,032 \mu\text{m}$.

Tabel 8. Kombinasi faktor kendali dan level terbaik.

Faktor kendali	Satuan	Level 1	Level 2	Kombinasi Terbaik Didapat
A.Putaran mesin (n)	(rpm)	800	1000	1000
B.Kecepatan Pemakanan (Vc)	(mm /min)	50	60	50
C.Kedalaman pemakanan (Tp)	(mm)	0.3	0.6	0,3
D.Sudut mata sayat	Derajat (°)	2	5	2
E.Pendingin	-	Bromus	Oli	Bromus

Hasil pengujian dan analisa data menunjukkan besarnya seting parameter permesinaan *milling* yang dapat menghasilkan tingkat kekasaran yang baik benda ST. 37 hasil proses permesinaan *milling* putaran mesin (n) sebesar 1000 rpm (A₂), kecepatan pemakanan (Vc) sebesar 50 mm/min, kedalaman pemakanan (Tp) sebesar 0,3 mm, sudut mata sayat sebesar 2°. Besarnya pengaruh sudut pemakanan pahat terhadap tingkat kekasaran yang dihasilkan pada waktu digunakan untuk pengerjaan *milling* didapat hasil kekasaran permukaan rata-rata sebesar 0,768 μm . Sedangkan nilai kekasaran standar sebesar 0,80 μm . Perhitungan dengan *Analisis of Varian* (ANOVA) dan Rasio S/N mendapatkan nilai optimal terhadap respon kekasaran permukaan dengan formulasi : A₂, B₂, C₂, D₁, E₁.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa besarnya seting parameter permesinaan *milling* yang dapat menghasilkan tingkat kekasaran yang baik benda ST. 37 hasil proses permesinaan *milling* putaran mesin (n) sebesar 1000 rpm (A₂), kecepatan pemakanan (Vc) sebesar 50 mm/min, kedalaman pemakanan (Tp) sebesar 0,3 mm, sudut mata sayat sebesar 2°. Besarnya pengaruh sudut pemakanan pahat terhadap tingkat kekasaran yang dihasilkan pada waktu digunakan untuk pengerjaan *milling*. Didapat hasil kekasaran permukaan rata-rata sebesar 0,768 μm . Sedangkan nilai kekasaran standar sebesar 0,80 μm . Dengan formulasi A₂, B₂, C₂, D₁, dan E₁, hasil optimal untuk respon kekasaran permukaan ditemukan melalui analisis varian dan rasio S/N.

Daftar Pustaka

- Hariyadi, M. B. D. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Parameter Gurdi (Drilling) Dan Pendingin Terhadap Burr Formation Hasil Permesinaan CNC Routermilling Pada Alumunium Sheet 1100. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 138–151.
- Liu, K., Li, T., Liu, H., Member, S., Liu, Y., & Wang, Y. (2019). Analysis and Prediction for Spindle Thermal Bending Deformations of a Vertical Milling Machine. *IEEE*, 3203(c). <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2926991>
- Lucky Wihelman Putra, Juswandi, Asrul Hidayat, Muhammad Fachrul, M. I. K. (2022). Pengembangan Mesin Tool Grinding Endmill. *Jurnal Tematis*, 3(2), 14–28.
- Mataram, N., & Saputra, S. R. (2020). Optimasi Parameter Proses Milling Dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) Terhadap Kualitas Permesinaan Baja ST 42 Dengan Metode Taguchi. *SENASTIKA 2020*, 2020(Senastika).
- Meng, F., Hu, Y., Ma, P., Zhang, X., & Li, Z. (2020). Practical Control of a Cold Milling Machine using an Adaptive PID Controller. *Applied Sciences*, 10(2516), 1–18.
- Moayyedean, M., Mohajer, A., Ganji, M., & Ali, K. (2020). Surface Roughness Analysis in

- Milling Machining Using Design of Experiment. *SN Applied Sciences*, 2(10), 1–9.
<https://doi.org/10.1007/s42452-020-03485-5>
- Nurlaila, Q., Mesin, D. T., Teknik, F., & Kepulauan, U. R. (2020). Analisa Umur Alat Potong Mesin Milling Dengan Material SUS 420. *Profisiensi*, 8(2), 143–153.
- Obukhov, A. I., Evstafieva, S. V., Livshits, A. B., & Pelipenko, D. V. (2020). Development of Standardized Tools for Shopfloor Programming of Turning and Turn-Milling Machines Development of Standardized Tools for Shopfloor Programming of Turning and Turn-Milling Machines. *Materials Science And Engineering*, 709.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/709/4/044064>
- Siregar, A. R. N. A. K. U. A. M. (2021). Analisa kekasaran Permukaan Cast Iron Menggunakan cairan Pendingin Berbasis Nabati Pada Proses Face Milling. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 4(2), 125–131.
- Tarage, F. P. O., Harling, V. N. Van, Hari, A. S., Permukaan, K., & Berbagai, D. (2020). Analisis Perbandingan Kecepatan Dan Hasil Pemaotongan Baja Lunak Jenis ST-37 Dengan Menggunakan Pisau Pahat HSS Dan Carbida. *SOSCIED*, 3(1).
- Wijayanto, Z. B. H. D. S. (2019). Pengaruh Sudut Penyayatan Dan Jumlah Mata Sayat EndMill Cutter Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 40 Hasil Permesinan CNC Milling Tosuro Kontrol GSK 983 Ma-H. *Nosel*, 1(4), 1–4.
- Yufrizal, A., Indrawan, E., Aziz, A., Fajri, R., & Agus, U. (2020). Machine toward ST-37 Steel Material Perbandingan Kualitas Permukaan Metode Down dan up Milling pada Mesin Frais CNC terhadap Material Baja ST-37. *MOTIVECTION*, 2(1), 11–20.
- Zainudin, E. A. T. W. (2020). Pengaruh Variasi Pendingin Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Alumunium 6061. *Jurnal Austenit*, 12(1), 14–20.
- Zaira, J. Y., & Wijianto, A. (2020). Analisa Getaran Mesin Milling Vertikal 1108 Terhadap Pengaruh Variasi Kedalaman Potong. *Jurnal Elementer*, 6(1), 42–50.