

Rasio Serpihan Terhadap Keberarahan Pemoangan Baja AISI 1045 Menggunakan Pahat Karbida Berlapis Titanium Almunium Nitra (Ti Al N)

Zufri Hasrudy Siregar^{1✉}, Mawardi², Indriyani³, Tengku Jukdin Saktisahdan⁴, Jeki Armando Simanjong⁵, Ari Beni Santoso⁶

^{1,4} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Asahan, Indonesia

^{2,5} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar Medan, Indonesia

^{3,6} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 11-12-2022

Direvisi : 27-12-2022

Diterima : 31-12-2022

Kata Kunci:

Rasio serpihan, pahat karbida, keberarahan, baja AISI 1045

Keywords :

Flare ratio, carbide tool, directional, AISI 1045 steel.

Corresponding Author :

Mawardi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar Medan

Jl. Pintu Air IV No.214, Kwala Bekala, Kec. Medan Johor, Kota Medan, Sumatera Utara 20143

Email: mawardi.ipc@gmail.com

ABSTRAK

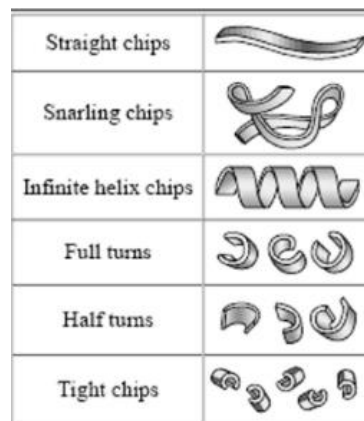
Integritas permukaan (*Surface integrity*) tergantung pada proses pemesinan yang dilakukan pada produk, akan berbeda pada setiap proses pemesinan yang dihasilkan, yang mempunyai dua bagian penting yaitu tekstur permukaan dan metalurgi permukaan. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dan rancang percobaan yaitu bahan baja AISI 1045 dibubut dan dihitung dengan variasi kecepatan. Perubahan permukaan yang dihasilkan selama proses ferifikasi seperti transformasi metalurgi berhubungan dengan pengerjaan pengerasan, retak, berlubang (*pits*), dan tegangan sisa. Keutuhan permukaan mempunyai dua bagian, Tekstur permukaan berpengaruh atas kekasaran permukaan. Tujuan penelitian ini menganalisa pengaruh integritas permukaan (keberarahan) terhadap benda kerja setelah proses pembubutan. Pada analisa data, nilai keberarahan (*ly*) pada pemotongan minimum adalah sebesar 0.0160 dan kondisi pemotongan maksimum adalah sebesar 0.0120 Sedangkan pada pemotongan max nilai rasio serpihan terbaik adalah sebesar 1,36 sedangkan pada pemotongan min nilai rasio serpihan terbaik adalah sebesar 1,08s. Hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan pemotongan, kecepatan dan kedalaman pemakanan dan waktu pemotongan.

ABSTRACT

*Surface integrity depends on the machining process carried out on the product, will be different in each resulting machining process, which has two important parts, namely surface texture and surface metallurgy. This research was conducted using quantitative methods and experimental design, namely AISI 1045 steel was turned and calculated with variations in speed. The surface changes produced during the fermentation process are such as metallurgical transformations associated with work hardening, cracking, pits, and residual stresses. Surface integrity has two parts, Surface texture affects the surface roughness. The purpose of this research is to analyze the effect of surface integrity (direction) on the workpiece after the turning process. In data analysis, the value of the directionality (*ly*) for minimum cutting is 0.0160 and for maximum cutting conditions is 0.0120. Meanwhile, for max cutting, the best chipping ratio is 1.36, while for min cutting, the best chipping ratio is 1.08s. These results are influenced by several factors, namely cutting speed, speed and depth of ingestion and cutting time*

PENDAHULUAN

Teknologi terus berkembang seiring dengan perkembangan industri manufaktur jika ditinjau dari sisi hasil produksi diperlukan teknologi yang dapat memberikan hasil yang optimal dan efisien (Rosdiana et al., 2020). Kendala kerusakan mesin dan perawatannya merupakan hal yang sering terjadi dan menjadi hal yang memengaruhi kualitas produk yang dihasilkan perusahaan (Putri, 2020). Untuk itu, pada perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur, penggunaan mesin secara optimal adalah kunci dalam menghasilkan kualitas produk, dalam hal ini mesin perkakas adalah peralatan yang umum digunakan (Carles & Yusuf, 2019). Secara teknis, pengerjaan mesin perkakas sudah ada sejak 1775 dengan mesin koter oleh Wilkinson yang dipergunakan untuk mengerjakan mesin uap James Watt, pengerjaan yang dilakukan mesin tersebut adalah proses pengurangan material untuk mendapatkan bentuk tertentu dengan cara putaran benda kerja (Budi & Dwipayana, 2000). Pengerjaan tersebut juga diperlukan cairan untuk dapat mempermudah pengerjaan dan hasil yang terbaik (Rudi et al., 2020) umumnya pilihan yang ekonomis digunakan oli bekas dikarenakan kandungannya tidak mudah terbakar dan lebih dapat melindungi terhadap korosi setelah pengerjaan (Hidayat & Basyirun, 2020) dan bisa juga menggunakan *coolant* yang berfungsi sebagai pembersih dan pembawa geram (Widiyawati et al., 2020)(Rumondor et al., 2020), risiko dari pengerjaan mesin perkakas yang tidak sesuai prosedur berpengaruh pada mata pisau atau pahat rusak dan patah sehingga harus diganti dengan yang baru di mana harganya relatif mahal (Sastal et al., 2018). Jenis dan pekerjaan dan bahan yang dipotong harus disesuaikan dengan mata pisau atau pahat yang digunakan dikarenakan jenis jenis dan modelnya juga berbeda beda yang berpengaruh pada hasil produk yang dibuat (Husni et al., 2019). Keausan pada mata pisau umumnya terjadi dikarenakan tidak sesuainya bahan yang dipotong dengan mata pisau, atau juga dipengaruhi oleh cairan yang dipakai dalam memotong, terjadinya ini menurut penelitian (Aulia et al., 2019) dapat dideteksi dari getaran yang terjadi pada saat proses berlangsung serta bisingnya suara yang dikeluarkan yang berpengaruh pada kekerasan permukaan benda kerja yang dibubut (Harbintoro et al., 2020). Selama proses pemotongan berlangsung terjadi gesekan antara pahat dan benda kerja, akibat gesekan yang terlalu lama keausan akan terjadi dan akan mengurangi umur pahat (Septiadi & Sunarto, 2020). Aus pada pengerjaan dikarenakan perubahan energi mekanik menjadi energi panas dimana perubahan energi tersebut terjadi karena gesekan pada pahat dan benda kerja dan geram.



Gambar 1. Jenis jenis geram

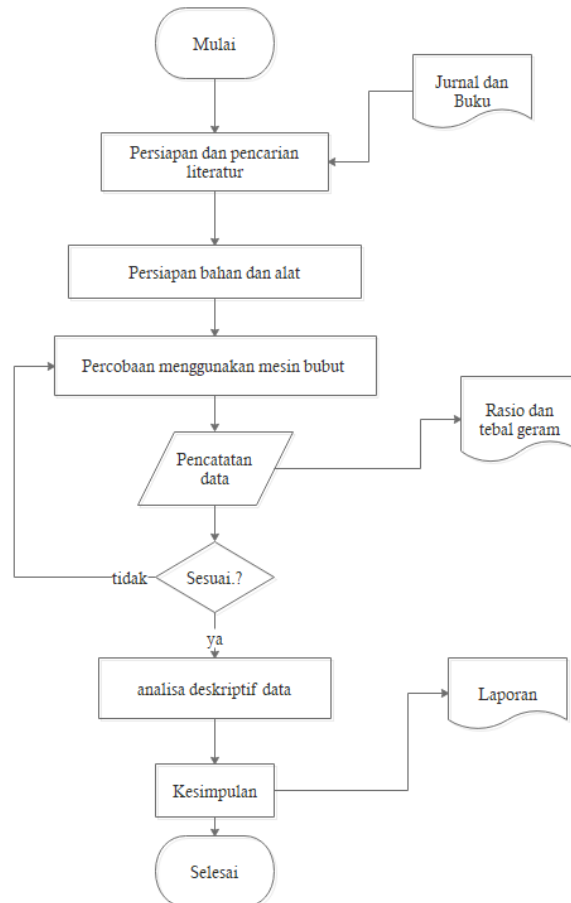
Sumber : (Jannuar et al., 2022)

Geram sendiri mempunyai arti yaitu sisa potongan dari proses pembubutan dimana memiliki bentuk dan dimensi yang berbeda beda (Mudjijanto et al., 2019). Geram dapat terbentuk disebabkan pada ujung mata potong yang bekerja dan terjadi tegangan dimana tegangan tersebut mengakibatkan deformasi plastis pada ujung mata pahat (Jannuar et al., 2022). Geram merupakan permasalahan yang pasti ada setiap proses produksi suatu produk yang menggunakan mesin perkakas, sehingga menjadi penting untuk meneliti rasio serpihan dari pemotongan agar dapat dipahami integritas permukaan (keberarahan) dari suatu benda kerja dengan jenis pahat tertentu. Pemotongan benda kerja dengan jenis mata pisau Baja AISI 1045 merupakan tahap awal dalam proses produksi (Rahmawati et al., 2019). Tujuan penelitian ini yaitu menguji bahan untuk

mendapatkan rasio keberarahan Baja AISI 1045 dengan mata pisau karbida dilapisi titanium almunium nitra (TI AL N)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan jenis metode kuantitatif deskriptif dengan melakukan percobaan pada benda kerja dan menalisis hasil yang didapat. Alur penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar *flowchat* berikut



Gambar 2. *Flowchart* penelitian

Bahan dan Alat

Bahan

1. Baja AISI 1045

Material benda uji yang digunakan adalah bahan baja AISI 1045 jenis baja yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti poros gear dan banyak digunakan untuk banah peralatan pertahanan. Baja AISI 1045 memiliki komposisi kimia antara lain (0,4-0,45% C), (0,1-0,3% Si), (0,60-0,90% Mn), (0,025% Mo), (0,04max% P), (0,05max% S) (Winardi et al., 2020)



Gambar 3. Baja AISI 1045

2. Pahat Karbida

Dalam pengertian ini, material pahat yang digunakan berupa pahat karbida jenis pahat yang digunakan adalah SANDVIK cororkey, H 10 yaitu DCGX 11 T3 04-AL H10 dengan bentuk jajaran genjang dengan ukuran panjang setiap sisinya 7 mm dengan radius pojok 0,4 mm dan ketebalan 4 mm.



Gambar 4. Mata pahat karbida

Alat

1. Mesin bubut

Mesin bubut yang digunakan dengan spesifikasi

- Putaran maksimum : 1500rpm
- Daya : 380 volttag/8Kw
- Diamater penjepitan maksimum : 600 mm
- Panjang benda kerja maksimum : 200 mm³



Gambar 5. Mesin bubut

2. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang mampu mengukur jarak kedalaman, maupun "diamater dalam" suatu objek dengan tingkat akurasi dan presisi yang sangat baik ($\pm 0,05$ mm). Pada penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan serpihan hasil dari proses pemesinan.



Gambar 6. Jangka sorong

3. Stopwatch

Stopwath adalah alat yang di gunakan untuk mengukur lamanya waktu yang di perlukan dalam kegiatan penelitian. Di dalam penelitian Stopwath ini juga digunakan untuk menghitung jangka waktu lamanya proses pemesinan dilakukan untuk pengujian keausan bahan kerja



Gambar 7. stopwatch

4. Thermocopel Tipe K Flantron

Thermokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digunakan pada ujungnya sehingga menimbulkan efek (Theroelectric). Pada penulisan ini akan menggunakan Thermokopel dengan ukuran berikut :

Merk	: Extech
Tipe	: VIR 50
Jangan suhu	: -50 sampai 3992 °F (-50 SAMPAI 220°C)
Waktu Respon	: 150 mm/s



Gambar 8. Thermocopel Tipe K Flantron

5. USB Digital Microscope

USB(*Universal Serial Bus*) Digital Mikroskop merupakan perangkat *optic* yang dapat digunakan untuk mengamati benda apapun yang dapat di hubungkan dengan komputer. Untuk mengambil data gambar keausan pada benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan yang di gunakan Microscop Digital USB standart dengan focus range 0 mm- 4mm. Selain itu mikroskop ini dapat memperbesar gambar objek yang di teliti hingga 800 kali pembessaran.

- Merk :Extech
- Tipe :VIR50
- Jangkauan suhu :-58 sampai 39920F (-50 sampai 22000 C)
- Waktu respon :150 milliseon



Gambar 9. USB Digital Microscope

6. Alkohol

Pada penelitian ini yang digunakan adalah alkohol 70%.Alkohol ini digunakan untuk membersihkan benda kerja setelah dilakukan pemotongan agar dalam keadaan bersih dari kadar minyak ataupun air.Alkohol ini digunakan setelah dilakukan nya pemesinan terhadap benda kerja dan selanjutnya dibersihkan menggunakan alkohol tersebut hingga bersih



Gambar 10. Alkohol

7. Kuas

Pada penelitian ini kuas digunakan untuk membersihkan meja mesin setelah dilakukan pemotongan agar dalam keadaan bersih dari geram atau pun serpihan dari tatal sisa penyayatan, dan membersihkan benda kerja dari karat atau sisa proses



Gambar 11. Kuas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun pengamatan dan pengolahan data sebagai berikut

1. Menyiapkan persiapan pengambilan data diantaranya adalah
 1. Bubut konvensional
 2. Benda kerja AISI 1045
2. Pemaknaan (f) kedalaman potong (a)
3. Menghitung ketebalan geram dengan menggunakan jangka sorong

Pengumpulan data pemotongan maksimum dan minimum

Adapun pengumpulan data sebagaimana yang di paparkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Kondisi pemotongan maksimum

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	T (°C)	Tc (sec)	Hc (mm)	Rc	Ly
1	25	75	0,15	2,5	72	187	0,25	1,36	0,40
2	20	75	0,15	2	71	137	0,30	1,1333	0,25
3	15	75	0,15	2,5	75	115	0,30	1,1333	0,40
4	25	75	0,10	2	67	167	0,25	1,36	0,35
5	20	75	0,10	2,5	69	149	0,25	1,36	0,30

Tabel 2. Kondisi pemotongan minimum

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	T (°C)	Tc (sec)	Hc (mm)	Rc	Ly
1	25	55	0,15	2,5	70	337	0,40	0,675	0,25
2	25	55	0,15	2	61	352	0,25	1,08	0,30
3	20	55	0,15	2,5	65	260	0,40	0,675	0,30
4	15	55	0,10	2	57	219	0,35	0,7714	0,25
5	20	55	0,10	2,5	64	266	0,30	0,9	0,25

Ket:

- P : Panjang
 v : kecepatan potong
 f : kecepatan pemakanan
 a : kedalaman pemakanan
 T : Temperatur
 tc : Waktu pemotongan
 hc : Tebal serpihan
 Rc : Rasio serpihan
 Ly : keberarahan

Uji Statistik

1. Hasil Uji Normalitas

Sebelum melakukan uji hipotesis integritas permukaan (lay) pengaruh rasio serpihan pada pembubutan keras dan keering baja AISI 1045 menggunakan pahat karbida dan terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai uji persyaratan hipotesis secara kuantitatif. Sebelum pengujian terhadap perbedaan antar kondisi pemotongan dilakukan dengan menggunakan uji *Two Way Anova* maka terlebih dahulu harus di lakukan pengujian terhadap normalitas dan homogenitas data

Tabel 3. Uji normalitas data

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Standardized Residual for nilai	321	80	,000	,546	80	,061

Lilliefors Significance Correction

Dari hasil pengujian terhadap normalitas data adalah sebesar sig 0.061maka dapat di jelaskan bahwa data pada penelitian ini seluruhnya berdistribusi normal dengan ketentuan nilai Sig > 0.05 .Hal ini mengandung pengertian bahwa seluruh data pada penelitian ini normal dan dapat digunakan untuk melanjutkan uji *Two way Anova*. Sebelum melanjutkan uji perlu di ingat bahwa salah satu asumsi Anova adalah variansnya sama.,

2. Homogenitas

Dari tabel Test of Homegeneity of Variances terlihat bahwa hasil uji menunjukkan bahwa varian kelima kelompok tersebut sama (P-value = 0.060), sehingga uji Two way Anova valid untuk menguji hubungan ini.

Tabel 4. Nilai variable

F	df1	df2	Sig.
16,336	15	64	,060

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + KRP + KP + KRP * KP

Nilai rata -rata

- Nilai rata rata (mean) hasil pengukuran untuk P (mm) untuk nilai rata-rata kondisi pemotongan minimum adalah sebesar 21.000 dan kondisi pemotongan minimal adalah sebesar 21.000.
- Selanjutnya untuk hasil pengukuran v (m/min) nilai rata- rata kondisi pemotongan minimum adalah 21.000 dan kondisi pemotongan maksimal adalah sama yaitu 55.000 .
- Untuk nilai rata-rata f (mm/ref) kondisi pemotongan minimum 0.13000 dan kondisi pemotongan maksimal adalah 0.13000.

- Sementara itu nilai rata-rata hasil pengukuran pemotongan minimum untuk hasil N (mm) adalah 2.300 dan untuk pemotongan maksimum adalah rata-rata 2,300.
- Untuk hasil T (°C) nilai rata-rata kondisi pemotongan minimum adalah sebesar 70.000 dan kondisi pemotongan maksimum adalah sebesar 63.4000.
- Untuk hasil T (detik/second) nilai rata-rata kondisi pemotongan minimum adalah sebesar 151.000 dan kondisi pemotongan maksimum adalah sebesar 286.8000 .
- Untuk hasil Ly (menit) nilai rata-rata kondisi pemotongan minimum adalah sebesar 0.0160 dan kondisi pemotongan maksimum adalah sebesar 0.0120 ,
- Untuk hasil Hc (mm) nilai rata-rata kondisi pemotongan minimum adalah sebesar 0.2700 dan kondisi pemotongan maksimum adalah sebesar 0.3400.

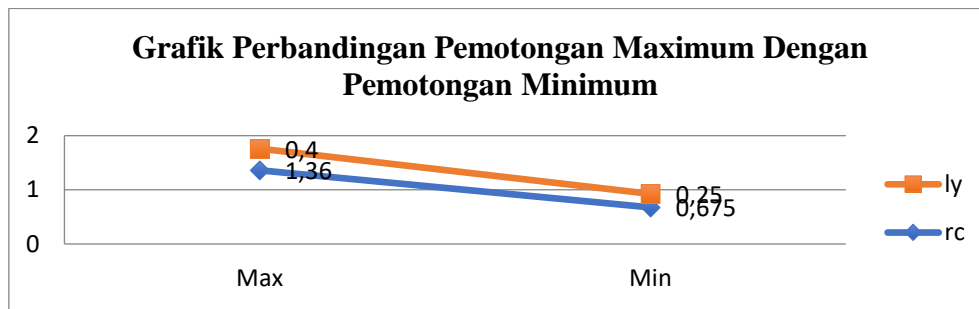
Tabel 5. Tabel statistik

Descriptive statistics				
kreteria penilaian	kreteria pemotongan	Mean	Std. Deviation	N
p(mm)	Minimum	21,0000	4,18330	5
	Maksimum	21,0000	4,18330	5
	Total	21,0000	3,94405	10
v(m/min)	Minimum	21,0000	4,18330	5
	Maksimum	55,0000	,00000	5
	Total	38,0000	18,13529	10
f(mm/rev)	Minimum	,1300	,02739	5
	Maksimum	,1300	,02739	5
	Total	,1300	,02582	10
N(mm)	Minimum	2,3000	,27386	5
	Maksimum	2,3000	,27386	5
	Total	2,3000	,25820	10
T(c)	Minimum	70,8000	3,03315	5
	Maksimum	63,4000	4,82701	5
	Total	67,1000	5,44569	10
T(detik/second)	Minimum	151,0000	27,60435	5
	Maksimum	286,8000	55,94372	5
	Total	218,9000	82,77875	10
Ly (menit)	Minimum	,0160	,00548	5
	Maksimum	,0120	,00447	5
	Total	,0140	,00516	10
Hc(mm)	Minimum	,2700	,02739	5
	Maksimum	,3400	,06519	5
	Total	,3050	,05986	10
Total	Minimum	33,3145	51,22499	40
	Maksimum	53,6228	94,24361	40
	Total	43,4686	76,05602	80

Uji Hipotesis

1. Dari hasil pengujian memperlihatkan bahwa kondisi masing-masing satndart pemotongan menunjukkan hasil yang berbeda di mana nilai sig $0.000 < 0.05$ yang bermakna adanya perbedaan hasil pemotongan berdasarkan hasil masing-masing kreteria pemotongan.
2. Sementara itu untuk hasil pengujian terhadap pemotongan maksimal dan minimal memperlihatkan bahwa kedua kondisi masing-masing pemotongan menunjukkan hasil di mana nilai sig $0.02 > 0.05$ yang bermakna terdapat adanya perbedaan hasil pemotongan kondisi pemotongan maksimal dan kondisi pemotongan minimal

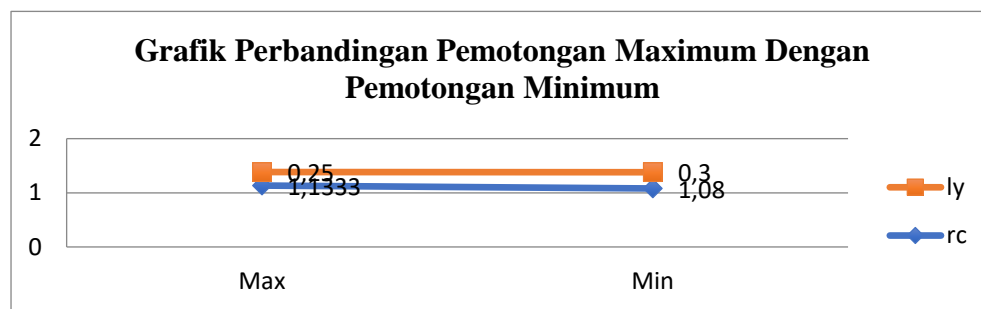
Grafik pemotongan pertama maksimum dan minimum



Gambar 12. Grafik pemotongan pertama maksimum dan minimum

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rasio serpihan pada pemotongan maksimum sebesar 1,36 sedangkan pada pemotongan minimum didapat sebesar 0,675. Sedangkan ly (keberarahan) di pemotongan maksimum didapat sebesar 0,40 dan ly (keberarahan) dipemotongan minimum adalah sebesar 0,25, maka dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik pada pemotongan pertama adalah 1,36

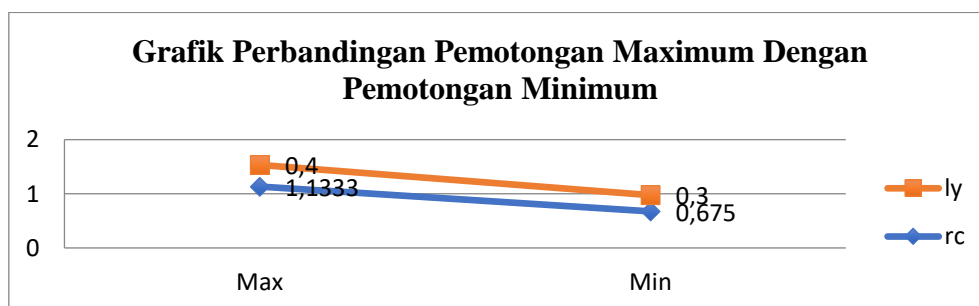
Grafik pemotongan kedua maksimum dan minimum



Gambar 13. Grafik pemotongan kedua maksimum dan minimum

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rasio serpihan pada pemotongan maksimum sebesar 1,1333 sedangkan pada pemotongan minimum didapat sebesar 1,08. Sedangkan ly (keberarahan) di pemotongan maksimum didapat sebesar 0,25 dan ly (keberarahan) dipemotongan minimum adalah sebesar 0,30, maka dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik pada pemotongan kedua adalah 1,1333

Grafik pemotongan ketiga maksimum dan minimum

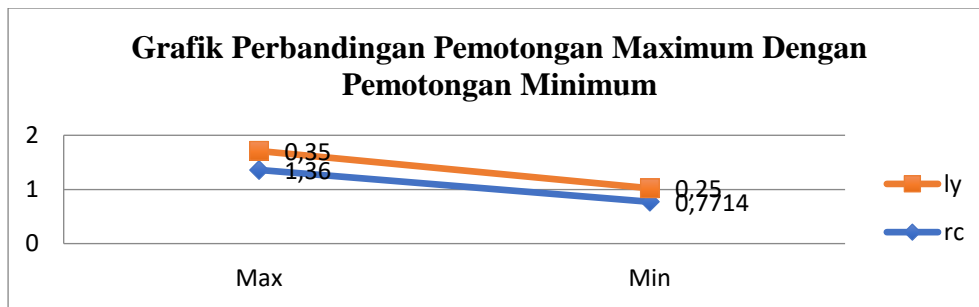


Gambar 14. Grafik pemotongan ketiga maksimum dan minimum

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rasio serpihan pada pemotongan maksimum sebesar 1,1333 sedangkan pada pemotongan minimum didapat sebesar 0,675. Sedangkan ly

(keberarahan) di pemotongan maksimum didapat sebesar 0,40 dan l_y (keberarahan) dipemotongan minimum adalah sebesar 0,30, maka dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik pada pemotongan ketiga adalah 1,1333

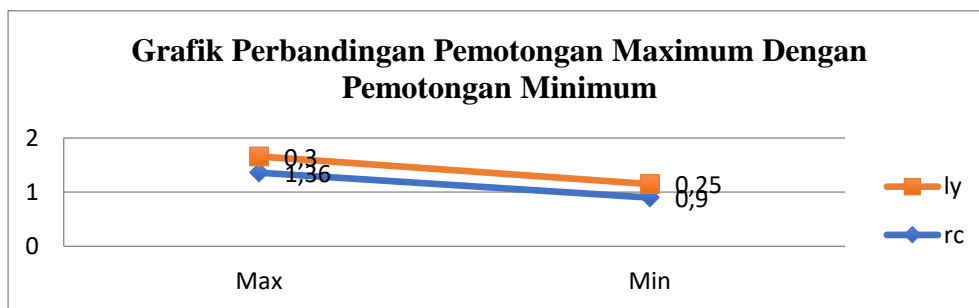
Grafik pemotongan keempat maksimum dan minimum



Gambar 15. Grafik pemotongan keempat maksimum dan minimum

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rasio serpihan pada pemotongan maksimum sebesar 1,36 sedangkan pada pemotongan minimum didapat sebesar 0,7714. Sedangkan l_y (keberarahan) di pemotongan maksimum didapat sebesar 0,35 dan l_y (keberarahan) dipemotongan minimum adalah sebesar 0,25, maka dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik pada pemotongan keempat adalah 1,36.

Grafik pemotongan kelima pemotongan maksimum dan minimum



Gambar 16. Grafik pemotongan kelima maksimum dan minimum

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai rasio serpihan pada pemotongan maksimum sebesar 1,36 sedangkan pada pemotongan minimum didapat sebesar 0,9. Sedangkan l_y (keberarahan) di pemotongan maksimum didapat sebesar 0,30 dan l_y (keberarahan) dipemotongan minimum adalah sebesar 0,25, maka dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik pada pemotongan kelima adalah 1,36.



Tatal ke-1 Tatal ke-2 Tatal ke-3 Tatal ke-4 Tatal ke-5

Gambar 17. Tatal pada proses maksimum kecepatan 75 r.p.m



Tatal ke-1 Tatal ke-2 Tatal ke-3 Tatal ke-4 Tatal ke-5

Gambar 18. Tatal pada proses minimum kecepatan 55 r.p.m

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data tentang integritas permukaan pengaruh rasio serpihan pada permesinan presisi baja AISI 1045 dengan menggunakan pahat karbida dapat disimpulkan bahwa

1. Rasio serpihan terhadap integritas permukaan (keberarahan). Pada pemotongan max nilai rc (rasio serpihan) terbaik adalah sebesar 1,36 sedangkan nilai rata ly (keberarahan) pada pemotongan max sebesar 0,0120 mm. Hal ini dipengaruhi faktor waktu dan kecepatan pemotongan dengan pahat karbida
2. Pada pemotongan min nilai rc (rasio serpihan) terbaik adalah sebesar 1,08 sedangkan nilai ly pada pemotongan min sebesar 0,0160 mm Pada analisa data didapati nilai ly (keberarahan) pada pemotongan max 0,0120 mm sedangkan nilai ly (keberarahan) pada pemotongan min 0,0160 mm. Hal ini dipengaruhi faktor waktu dan kecepatan pemotongan dengan pahat karbida

Saran

Dari kegiatan penelitian ini, banyak yang belum terselesaikan dan faktor faktor lain yang dirasa berpengaruh pada hasil yang didapat. Kegiatan penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian mengenai kondisi pemotongan dengan variasi yang berbeda beda

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa rasio serpihan dari hasil pengerjaan proses produksi mesin bubut. Kontributor dari kegiatan ini kami ucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Mesin Universitas Al Azhar Medan yang telah menyediakan lokasi penelitian dan memberikan kontribusi material dan moral.

REFERENSI

- Aulia, N., Rizal, M., & Mubarak, A. Z. (2019). Penggunaan Accelerometer dan Strain Gauge Sebagai sensor untuk mendeteksi kerusakan pahat potong. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 7(1), 21–26. <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JTM/article/view/14908>
- Budi, R. S., & Dwipayana, H. (2000). Analisa kekerasan permukaan material aluminium pada proses pembubutan dengan mesin bubut BV-20. *Jurnal TEKNIKA*, 6(2), 248–256. <https://doi.org/10.35449/teknika.v6i2.120>
- Carles, H., & Yusuf, M. (2019). Analisis kekerasan permukaan terhadap kekerasan material pada proses milling dengan variasi kecepatan feeding. *Jurnal Teknik Mesin Mercubuana*, 08(2), 10–16. <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i2.4565>
- Harbintoro, Sw., Sutisna, A., Pujiyanto, P., Hidayat, S., & Suherman, A. (2020). Pengembangan proses gerinda silinder permukaan luar. *Rekayasa Mesin*, 11(2), 277–286. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.02.14>
- Hidayat, A. R., & Basyirun, B. (2020). Pengaruh jenis oli bekas sebagai bahan bakar kompor pengecoran logam terhadap waktu konsumsi dan suhu maksimal pada pembakaran. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 5(2), 103–108. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v5i2.34802>
- Husni, T., Asmadi, Pusvyta, Y., & Hidayat, T. (2019). Pengaruh jenis pahat dan kedalaman pemakanan pada proses pembubutan terhadap kekasaran permukaan AISI 4340. *Jurnal Teknik*, 6(2), 119–133. <https://doi.org/10.35449/teknika.v6i2.110>
- Jannuar, A., Rifelino, Syahri, B., & Abadi, Z. (2022). Analisis varian parameter pemesinan bubut terhadap kualitas permukaan benda kerja dan karakteristik geram terpotong. *VOMEK*, 4(4), 117–123. <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i4.447>

- Mudjijanto, Surarto, E., & Sarip. (2019). Analisis karakteristik geram dan kekasaran permukaan pada proses bubut kecepatan rendah terhadap Baja Karbon. *Simetris*, 13(1), 18–23. <https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/view/93>
- Putri, I. N. (2020). Analisis risiko kegagalan produk mempengaruhi kualitas pelayanan menggunakan House Of Risk dan Supply Chain Operations Reference. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.30998/joti.v2i1.4049>
- Rahmawati, A. R., Anis, S., & Rusiyanto, R. (2019). Pengaruh kecepatan pemotongan dan ketebalan bahan terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan Baja AISI 1045 menggunakan CNC Plasma Arc Cutting. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(2), 93–98. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v4i2.27390>
- Rosdiana, Y. M., Iriyadi, I., & Wahyuningsih, D. (2020). Pendampingan peningkatan efisiensi biaya produksi UMKM Heriyanto melalui analisis biaya kualitas. *Jurnal Abdimas Dedikasi Kesatuan*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.37641/jadkes.v1i1.311>
- Rudi, A., Affandi, & Fuadi, Z. (2020). Pengaruh cairan pendingin terhadap kekerasan permukaan benda kerja pada proses face milling. *Jurnal rekayasa material, manufaktur dan energi*, 3(1), 16–22. <https://doi.org/10.30596%2Frmme.v3i1.4524>
- Rumondor, M. J., Poeng, R., & Gede, I. N. (2020). Pengaruh kecepatan aliran pendingin terhadap panas pemotongan pada pembubutan benda kerja silindris. *Poros*, 9(2), 149–160. <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/723>
- 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. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.55679/enthalpy.v3i1.3626>
- Septiadi, R., & Sunarto, S. (2020). Kinerja pahat karbida berlapis titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) pada pembubutan kering Baja ASTM A 29 Grade 1038. *Jurnal Polimesin*, 18(2), 74–81. <https://doi.org/10.30811/jpl.v18i2.1230>
- Widiyawati, S., Novareza, O., Sulistyarini, D. H., & Putro, W. W. (2020). Pengaruh penggunaan cairan pendingin (Coolant) terhadap keausan pahat bubut HSS. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(3), 467–475. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.03.19>
- Winardi, Y., Fadelan, F., Munaji, M., & Krisdiantoro, W. N. (2020). Pengaruh elektroda pengelasan pada Baja AISI 1045 dan SS 202 terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i2.27772>