

OPTIMASI PENGGURDIAN BENDA KERJA SILINDRIS BAJA KARBON TINGGI PADA MESIN CNC-ET 242 MENGGUNAKAN PAHAT YANG DIMODIFIKASI¹⁾

Muh. Iswar²⁾

Abstrak: Penelitian yang dilakukan bertujuan menghasilkan suatu model/persamaan, yang dapat digunakan untuk memprakirakan keausan pahat gurdi hasil penggurdian benda kerja silindris dari bahan baja karbon tinggi St.60 pada mesin bubut CNC ET-242. Metode penelitian terbagi dalam beberapa tahap. Mulai dari tahap persiapan, pengaturan parameter pemakanan, proses permesinan, pengukuran, sampai pada tahap pengolahan dan analisis data. Data keausan pahat gurdi hasil permesinan untuk 3 macam modifikasi *outer corner* pahat gurdi 70^0 , 75^0 , 80^0 dan putaran mesin 500, 700, 900 rpm serta pemakanan 50, 70, 90 mm/menit. Secara keseluruhan, jumlah data yang diperoleh dari proses penggurdian sampel benda kerja sebanyak 288 buah (\varnothing 1,5 inci x 70 mm) adalah sebanyak 36 baris data. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan model persamaan yang memberikan nilai optimum untuk keausan pahat gurdi yang dihasilkan pada berbagai macam parameter permesinan yang telah ditentukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa korelasi antara variabel yang berpengaruh pada putaran mesin, gerak makan, dan sudut pahat modifikasi terhadap keausan pahat adalah berturut-turut sebagai berikut 20,79%, 0,326%, dan 0,262%. Bentuk persamaan regresi berganda untuk ketiga variabel yang diteliti diberikan persamaan: $Y = 0.04768518 + 0.00003125 X_1 + 0.00040972 X_2 + 0.0004444 X_3$.

Kata kunci: Modifikasi pahat, putaran mesin, kecepatan penyayatan, keausan pahat.

I. PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan diberbagai bidang teknik terutama untuk keperluan industri seperti konstruksi bangunan, konstruksi pesawat terbang, pembuatan alat-alat perkakas, dan lain-lain. Banyaknya pemakaian jenis logam ini tidak terlepas dari sifat-sifat yang dimilikinya diantaranya adalah; mudah diperoleh di pasaran, mudah dibentuk/diproses atau mempunyai sifat permesinan yang baik dan harganya relatif murah. Dalam pemakaiannya sebagai material konstruksi mesin atau *parts*, sering dibuat lubang-lubang dengan ukuran yang bervariasi. Pembuatan lubang-lubang tersebut umumnya menggunakan pahat gurdi *carbide*, namun karena harganya yang cukup mahal sekitar 6 kali lipat dari pahat gurdi biasa, maka sampai saat ini masih banyak ditemukan penggunaan pahat biasa dari bahan HSS.

¹⁾ Dana DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang Tahun 2013

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Penggunaan pahat gurdi HSS untuk mengerjakan baja karbon tinggi biasanya menimbulkan banyak permasalahan, diantaranya akan cepat aus sehingga membutuhkan waktu tambahan untuk melakukan pengasahan yang berdampak kepada terjadinya penambahan waktu produksi.

Proses penggurdian selain dilakukan dalam arah vertikal, dapat juga dilakukan dalam arah horizontal pada mesin bubut dengan benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak pemakanan dilakukan oleh pahat gurdi yang dipasang pada dudukan pahat (*tool post*) dalam arah horizontal.

Sejauh ini beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variabel-variabel proses gurdi terhadap keausan pahat, namun masih sangat sedikit yang melakukan modifikasi sudut-sudut potong pahat gurdi, khususnya penggurdian dalam arah horizontal menggunakan mesin bubut.

Penelitian yang dilakukan Salam (2007), melakukan penelitian pada penggurdian baja St.60 menggunakan mesin **CNC Milling VMC-200** (penggurdian arah vertikal) menyimpulkan bahwa dengan menggunakan pahat bubut yang dimodifikasi sudut potongnya maka keausan pahat dapat direduksi sekitar 37,4% bila dibandingkan dengan pahat gurdi standar.

Untuk menganalisis sejauh mana kinerja pahat gurdi HSS dan menekan biaya produksi penggunaan pahat *carbide* yang mahal, maka akan dilakukan penelitian dengan menerapkan modifikasi pahat gurdi pada penggurdian material baja karbon tinggi St.60 berbentuk silindris pada mesin **Bubut CNC ET-242** (penggurdian arah horisontal) menggunakan pahat gurdi HSS dengan membentuk 3 (tiga) jenis modifikasi pahat, yaitu $118^{\circ} - 70^{\circ}$, $118^{\circ} - 75^{\circ}$, dan $118^{\circ} - 80^{\circ}$.

A. Material Baja Karbon dan Perkakas Potong

Material baja karbon tinggi adalah jenis material yang diperoleh dengan cara melakukan perlakuan tertentu, menambahkan unsur-unsur C, Mn, Si, P, S, dan lain-lain untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Material baja karbon tinggi St.60 umumnya dikenali dari kandungan unsur karbonnya yang berkisar $\leq 0,23\%$ dengan kekuatan tarik sekitar $50 - 62 \text{ kgf/mm}^2$.

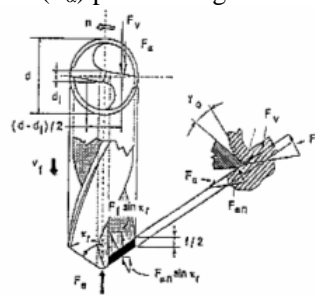
Bahan perkakas potong jenis HSS adalah suatu jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan chrom (Cr) dan tungsten atau wolfram (W) melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) kemudian diikuti pengerolan atau penempaan untuk dibentuk menjadi batang atau silinder pada kondisi lunak (*annealed*) dimana bahan tersebut diproses secara permesinan menjadi bentuk perkakas potong dan perlakuan panas, sehingga kekerasannya menjadi tinggi sampai 3 kali kecepatan potong perkakas CTS (Carbon Tool Steel) atau baja karbon tinggi yang dikenal pada saat itu sekitar 10 m/menit, sehingga dinamakan "Baja Potong Kecepatan Tinggi", HSS (High Speed Steel). Apabila aus, HSS dapat diasah kembali karena sifat keuletannya yang baik. Oleh karenanya sampai saat ini berbagai jenis bahan perkakas potong jenis HSS masih tetap digunakan.

Keausan pahat gurdi akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu penggurdian sampai suatu saat pahat bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan umur pahat sudah sampai.

Pada dasarnya umur pahat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan proses pemesinan, yaitu jenis material benda kerja dan pahat serta kondisi penggurdian dan cairan pendingin.

B. Gaya Pemotongan pada Pahat Gurdi

Pada proses penggurdian yang menggunakan pahat dua sisi mata potong, maka gaya pemotongan pada salah satu mata potongnya diuraikan menjadi dua buah komponen gaya, yaitu gaya potong (F_v) dan gaya makan (F_f). Gaya tekan (F_z) yang diberikan pahat potong harus cukup untuk melawan gaya ekstrusi yang cukup besar di ujung pahat (F_c) dan gaya gesek (F_a) pada bidang utama benda kerja.



Gambar 1. Gaya pemotongan pada pahat gurdi (Rochim, 1993)

Elemen-elemen dasar proses penggurdian dapat dituliskan sebagai berikut:

- Kecepatan potong

$$V_c = \pi d n / 1000 \quad ; \text{ m/menit}$$
- Gerak makan per mata potong

$$f_z = V_f / (n z) \quad ; \text{ mm/putaran}$$
- Putaran spindel mesin

$$n = V_c \cdot 1000 / (\pi d) \quad ; \text{ put/menit}$$
- Waktu pemotongan

$$t_c = Lt / V_f \quad ; \text{ menit}$$

C. Keausan dan Kriteria Umur Pahat

Keausan pahat potong akan bertambah seiring bertambahnya waktu pemotongan sampai suatu saat pahat bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis.

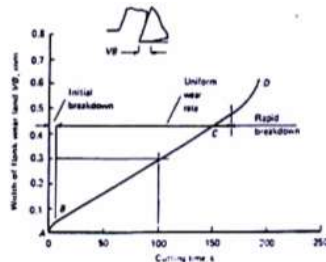
Pada dasarnya umur pahat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan proses pemesinan, yaitu jenis material benda kerja dan pahat,

kondisi pemotongan, cairan pendingin dan jenis proses pemesinan. Batas keausan untuk jenis pahat tertentu dalam memotong benda kerja yang diijinkan diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Batas Keausan Kritis Pahat Potong (Rochim, 1993)

Jenis Pahat	Benda Kerja	VB (mm)	K ⁺
HSS	Baja dan Besi Tuang	0.3 s.d 0.8	-
Karbida	Baja	0.2 s.d 0.6	0.3
Karbida	Besi Tuang dan Non Ferrous	0.3 s.d 0.6	0.3
Keramik	Baja dan Besi Tuang	0.3	-

Indikasi daerah keausan yang dapat terlihat adalah keausan tepi (VB) dan kedalaman keausan kawah (KT). Keausan tepi (*flank wear*) terjadi akibat gesekan antara permukaan benda kerja yang baru terbentuk akibat pemotongan dengan daerah kontak dari bidang utama pahat. Dimensi yang umum digunakan sebagai ukuran keausan tepi adalah lebar keausan yang diukur dari jarak mata potong sebelum aus, sampai ke garis rata-rata keausan pada posisi sepertiga bidang potong utama (Govekar, 1994). Pertumbuhan keausan tepi pada umumnya mengikuti bentuk seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

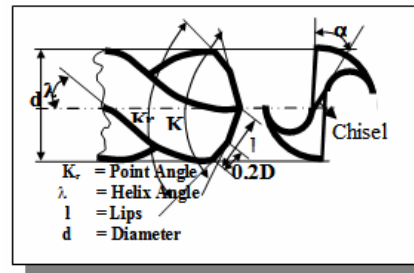


Gambar 2. Pertumbuhan keausan tepi bagi suatu jenis pahat

Keausan tepi pada pahat gurdi seperti gambar di atas, terdiri dari tiga daerah:

1. Daerah AB adalah daerah pertumbuhan keausan yang relatif cepat, sesaat setelah pahat digunakan.
2. Daerah BC adalah daerah pertumbuhan keausan pahat yang linier seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan.
3. Daerah CD adalah daerah pertumbuhan keausan yang kembali cepat terjadi. Pada saat ini dianggap sebagai batas kriteria umur pahat.

Adapun notasi dari suatu pahat gurdi ditunjukkan pada gambar 3. Sudut $2K_r$ normal adalah 118° , sedangkan sudut $2K_r$ yang dibuat bertingkat adalah $70^\circ - 80^\circ$. Panjang sisi sudut pahat yang dibuat bertingkat adalah $0,2D$ yang dibentuk dari sisi bagian luar pahat gurdi.



Gambar 3. Notasi Pahat Gurdi

D. Metode statistik untuk eksperimen

Analisis regresi (*regression analysis*) merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan dan menggunakan persamaan tersebut untuk membuat perkiraan (*prediction*). Dengan demikian, analisis regresi sering disebut sebagai analisis prediksi. Karena merupakan prediksi, maka nilai prediksi tidak selalu tetap dengan nilai riilnya, semakin kecil tingkat penyimpangan antara nilai prediksi dengan nilai riilnya, maka semakin tepat persamaannya. Analisis regresi mempelajari hubungan yang diperoleh dinyatakan dalam persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Hubungan fungsional antara satu variabel prediktor dengan satu variabel kriterium disebut analisis regresi sederhana (tunggal), sedangkan hubungan fungsional yang lebih dari satu variabel disebut analisis regresi ganda. Sehingga dapat didefinisikan bahwa analisis regresi adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan kemungkinan hubungan antara variabel-variabel.

E. Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda sebenarnya sama dengan analisis regresi linear sederhana, hanya variabel bebasnya lebih dari satu buah. Persamaan umumnya adalah:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n.$$

Bentuk persamaan regresi ganda sbb :

1. Dua variabel bebas :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

Untuk koefisien regresinya menggunakan persamaan sbb :

$$\sum Y = b_0 n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2$$

$$\sum X_1 Y = b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2$$

$$\sum X_2 Y = b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2$$

2. Tiga variabel bebas

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

Untuk menghitung koefisien regresinya menggunakan persamaan sbb :

$$\sum Y = b_0 n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3$$

$$\sum X_1 Y = b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 X_3$$

$$\sum X_2 Y = b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2 X_3$$

$$\sum X_3 Y = b_0 \sum X_3 + b_1 \sum X_1 X_3 + b_2 \sum X_2 X_3 + b_3 \sum X_3^2$$

Dengan Y adalah variabel tak bebas, dan X adalah variabel-variabel bebas, b_0 adalah konstanta (intersept) dan b_1, b_2, \dots, b_n adalah koefisien regresi pada masing-masing variabel bebas.

F. Koefisien Korelasi

Korelasi adalah derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih dari data hasil pengamatan. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan dalam satu variabel diikuti oleh perubahan variabel lain, baik yang searah maupun berlawanan.

Berdasarkan hubungan antar variabel yang satu dengan variabel lainnya dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan “ r ”. Besarnya korelasi berkisar antara $-1 \leq r \leq 1$.

Untuk mencari korelasi antara variabel Y dengan X dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$r = \frac{n\sum X_1 Y_1 - (\sum X_1)(\sum Y_1)}{\sqrt{(n\sum X_1^2 - (\sum X_1)^2)(n\sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2)}}$$

Untuk hubungan empat variabel tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Koefisien korelasi antara X_1 dan Y

$$r_{yx1} = \frac{n\sum X_1 Y_1 - (\sum X_1)(\sum Y_1)}{\sqrt{(n\sum X_1^2 - (\sum X_1)^2)(n\sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2)}}$$

- b. Koefisien korelasi antara X_2 dan Y

$$r_{yx2} = \frac{n\sum X_2 Y_1 - (\sum X_2)(\sum Y_1)}{\sqrt{(n\sum X_2^2 - (\sum X_2)^2)(n\sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2)}}$$

- c. Koefisien korelasi antara X_3 dan Y

$$r_{yx3} = \frac{n\sum X_3 Y_1 - (\sum X_3)(\sum Y_1)}{\sqrt{(n\sum X_3^2 - (\sum X_3)^2)(n\sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2)}}$$

Nilai koefisien korelasi adalah $-1 \leq r \leq 1$. Jika dua variabel berkorelasi negative maka nilai korelasinya akan mendekati -1, jika dua variabel tidak berkorelasi maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 0, sedangkan jika dua variabel berkorelasi positif maka nilainya akan mendekati 1.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui hubungan (korelasi) antara variabel-variabel proses pengurdian pada mesin bubut CNC ET-242 dengan modifikasi sudut pahat sebagai variabel bebas terhadap keausan pahat dan menentukan setting variabel proses pemesinan yang dapat menghasilkan keausan pahat yang paling minimal.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai nilai keausan pahat yang dapat dicapai pada proses pengurdian material St 60 dengan menggunakan pahat gurdi HSS yang dikerjakan di mesin CNC ET-242 dan sebagai bahan rujukan tentang kondisi setting variabel proses permesinan yang dapat

29 Muh. Iswar, *Optimasi Penggurdian Benda Kerja Silindris Baja Karbon Tinggi pada Mesin CNC-ET 242 menggunakan Pahat yang Dimodifikasi*

menghasilkan keausan pahat paling minimal pada penggurdian material baja St.60 khususnya pada mesin bubut CNC ET-242 dan mesin bubut lain pada umumnya untuk dapat dijadikan referensi pada proses penggurdian mesin bubut.

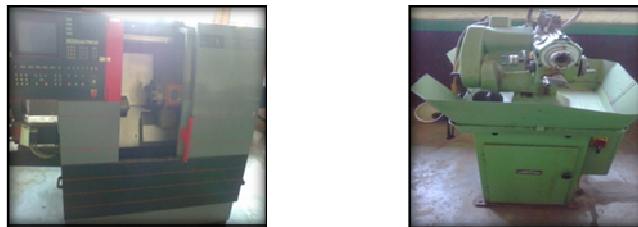
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Mekanik, Laboratorium Mekanik dan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin CNC EMCO tronic TM 02 dengan beberapa alat bantu antara lain: Mesin potong material, mesin gerinda duduk untuk memberi titik awal acuan pengukuran, Mesin Tool Grinding untuk mengasah dan memodifikasi pahat gurdi, dan profile projector untuk mengukur keausan tepi dari pahat twist drill. Pada penelitian ini digunakan material benda kerja St. 60 (besi pejal silindris diameter 1,5 inchi) dan pahat twist drill konvensional dari bahan High Speed Steel (non-coating) yang dimodifikasi outer-cornernya, sehingga sudut potong utama menjadi bertingkat.



Gambar 4. Mesin potong material dan alat gerinda duduk



Gambar 5. Mesin CNC ET-242 bubut EMCO dan Mesin Tool Grinding EMCO



Gambar 6. Profile projector, twiss drill yang telah dimodifikasi dan benda kerja

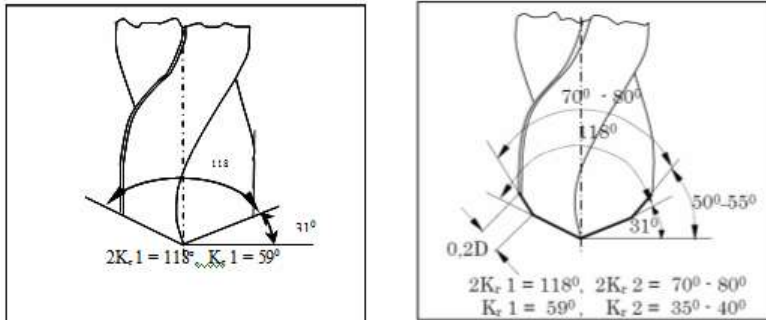
Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah :

1. Variasi putaran mesin (s) : 500, 700, dan 900 rpm
2. Kecepatan Pemakanan (Vf) Variasi gerak makan (f) : 50, 70, dan 90 mm/min.
3. Kedalaman pemakanan pada penelitian ini adalah 30 mm.
4. Setiap satu kali program kedalaman pemotongan 30 mm, lalu benda kerja dibalik/diganti untuk pemograman yang berulang dan pemotongan berikutnya.

Program CNC ET-242 berulang sebanyak 16 kali untuk satu data.

Sudut-sudut potong modifikasi outer-corner yang digunakan adalah 70°, 75°, dan 80°.

Gambar berikut memperlihatkan pahat gundi yang dimodifikasi outer cornernya.



Gambar 7. Pahat gundi sebelum dan sesudah modifikasi outer-corner

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data hasil pengamatan

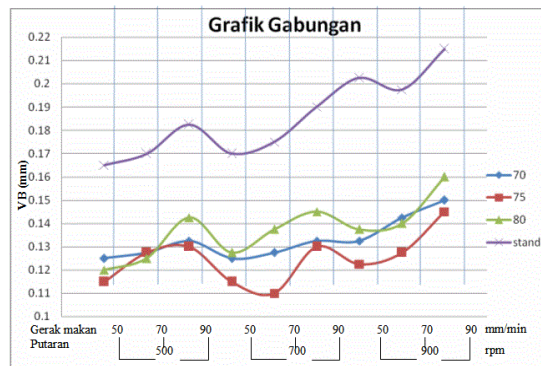
Setelah prosedur eksperimen dan pengukuran dilakukan, maka diperoleh data-data keausan pahat untuk kombinasi variabel-variabel bebas sebagai berikut:

Tabel 2. Data Pengamatan keausan pahat pada sudut pahat standar

No. Eksp.	X1	X2	Y
	S	F	Keaausan
	(rpm)	(mm/min)	(mm)
1	500	50	0.1650
2		70	0.1700
3		90	0.1825
4	700	50	0.1700
5		70	0.1750
6		90	0.1900
7	900	50	0.2025
8		70	0.1975
9		90	0.2150

Tabel 3. Data pengamatan keausan pahat pada sudut pahat dimodifikasi

No. Eksp.	X1	X2	X3	Y
	S	F	Modif pahat	Keaasan
	(rpm)	(mm/min)	(°)	(mm)
1	500	50	70	0.1250
2		70	70	0.1275
3		90	70	0.1325
4	700	50	70	0.1250
5		70	70	0.1275
6		90	70	0.1325
7	900	50	70	0.1325
8		70	70	0.1425
9		90	70	0.1500
10	500	50	75	0.1150
11		70	75	0.1275
12		90	75	0.1300
13	700	50	75	0.1150
14		70	75	0.1100
15		90	75	0.1300
16	900	50	75	0.1225
17		70	75	0.1275
18		90	75	0.1450
19	500	50	80	0.1200
20		70	80	0.1250
21		90	80	0.1425
22	700	50	80	0.1275
23		70	80	0.1375
24		90	80	0.1450
25	900	50	80	0.1375
26		70	80	0.1400
27		90	80	0.1600



Gambar 8. Grafik laju keausan pada pahat standar dan modifikasi

B. Pembahasan

Percobaan pendahuluan dilakukan untuk menentukan kombinasi variabel permesinan, jumlah lubang yang dibuat, dan waktu jeda setiap lubang untuk pendinginan pahat. Pada putaran mesin 1000 rpm, feeding 100 mm/min, dan jeda waktu ± 1 menit. Hasil yang didapat dari percobaan gagal, karena pada saat pengguridian lubang ke-5 pahat gurdi patah. Pada putaran mesin 900 rpm, feeding 900 mm/min dan jeda waktu ± 1 menit, hasil yang didapat dari percobaan ini gagal, karena pada saat pengguridian ke-16 pahat gurdi meleleh. Dari percobaan pendahuluan diperoleh kombinasi variabel permesinan yaitu: putaran mesin = 500, 700, 900 rpm, feeding = 50, 70, 90 mm/min. Waktu jeda pendinginan pahat sekitar 2 menit untuk setiap pengambilan data yang berjumlah 16 kali. Keausan maksimum pada percobaan pendahuluan yaitu 0,2150 mm.

Berdasarkan hasil pengukuran keausan pahat dan grafik, maka ketiga sudut modifikasai pahat memberikan keausan yang lebih kecil dibanding dengan pahat standar. Hal ini disebabkan oleh bentuk pahat standar yang mengalami keausan pahat yang lebih besar dibagian tepi pahat (keausan tepi=VB). Bentuk modifikasi outer-corner pahat pada dasarnya memotong atau membuat bertingkat outer-corner pahat sehingga keausan pahat yang terjadi pada bagian tersebut secara langsung tereduksi.

Pengukuran keausan tepi (VB) dilakukan dengan mengukur panjang VB (mata potong diukur sebelum dan sesudah pengeboran). Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat, dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pada penelitian ini pahat standar dimodifikasi outer-cornernya agar dapat mereduksi keausan pahat. Dari ketiga bentuk pahat modifikasi yang memberikan keausan yang paling minimum pada penelitian ini diperoleh pada sudut pahat modifikasi 2Kr2 118°-75°, karena pada sudut modifikasi 2Kr2 118°-75° gaya yang mengenai bidang utama pahat keausannya tereduksi lebih merata sepanjang outer-cornernya. Berbeda dengan sudut modifikasi 2Kr2 118°-80° gaya yang mengenai bidang utama keausan pahatnya lebih besar di bagian ujung outer-cornernya. Berbeda juga dengan sudut modifikasi 2Kr2 118°-70° gaya yang mengenai bidang utama keausan pahatnya lebih besar di bagian udalam outer-cornernya

Data-data yang diperoleh dari hasil eksperimen berupa nilai keausan pahat gurdi pada beberapa kombinasi variabel permesinan sesuai rancangan eksperimen. Untuk menghitung koefisien regresinya menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} 3.5525 &= b_0 \cdot 27 + b_1 \cdot 18900 + b_2 \cdot 1890 + b_3 \cdot 2025 \\ 2509.2500 &= b_0 \cdot 18900 + b_1 \cdot 13950000 + b_2 \cdot 1323000 + b_3 \cdot 1417500 \\ 251.6250 &= b_0 \cdot 1890 + b_1 \cdot 1323000 + b_2 \cdot 139500 + b_3 \cdot 141750 \\ 266.6375 &= b_0 \cdot 2025 + b_1 \cdot 1417500 + b_2 \cdot 141750 + b_3 \cdot 152325 \end{aligned}$$

Hasil dari penyelesaian matriks di atas yaitu:

$$b_0 = 0.04768518 \quad b_1 = 0.00003125 \quad b_2 = 0.00040972 \quad b_3 = 0.0004444$$

Sehingga bentuk persamaan regresi berganda pada penelitian ini adalah:

$$Y = 0.04768518 + 0.00003125 X_1 + 0.00040972 X_2 + 0.0004444 X_3$$

Perhitungan korelasi digunakan untuk melihat hubungan linear antara dua variabel. Dalam hal ini variabel yang dimaksud adalah putaran mesin dengan keausan pahat, gerak makan dengan keausan pahat, dan sudut modifikasi dengan keausan pahat.

Koefisien korelasi antara putaran mesin (X_1) dengan keausan pahat (Y), dapat diselesaikan menggunakan persamaan:

$$r_{yx1} = \frac{((27)(2589.2550)) - ((1890)(3.5525))}{\sqrt{((27)(13950000)) - (1890)^2} \sqrt{((27)(0.4708)) - (3.5525)^2}}$$

$$r_{yx1} = \frac{6793.875 - 6714.25}{\sqrt{1944000} \sqrt{0.0913}}$$

$$r_{yx1} = 0.4560$$

Koefisien korelasi antara gerak makan (X_2) dengan keausan pahat (Y), dapat diselesaikan menggunakan persamaan:

$$r_{yx2} = \frac{((27)(251.6250)) - ((1890)(3.5525))}{\sqrt{((27)(139500)) - (1890)^2} \sqrt{((27)(0.4708)) - (3.5525)^2}}$$

$$r_{yx2} = \frac{6793.875 - 6714.25}{\sqrt{194400} \sqrt{0.0913}}$$

$$r_{yx2} = 0.1806$$

Koefisien korelasi antara sudut modifikasi (X_3) dengan keausan pahat (Y), dapat diselesaikan menggunakan persamaan:

$$r_{yx3} = \frac{((27)(266.6375)) - ((2025)(3.5525))}{\sqrt{((27)(152325)) - (2025)^2} \sqrt{((27)(0.4708)) - (3.5525)^2}}$$

$$r_{yx3} = \frac{7199.2125 - 7193.8125}{\sqrt{12150} \sqrt{0.0913}}$$

$$r_{yx3} = 0.1621$$

Kontribusi pengaruh putaran mesin dapat dihitung dengan $R_{yx1}^2 = 0.4560^2 = 0.2079$, Jadi putaran mesin mempunyai pengaruh sebesar 20.79% terhadap keausan pahat apabila gerak makan dan sudut modifikasi pahat konstan. Kontribusi pengaruh gerak makan dapat dihitung dengan $R_{yx2}^2 = 0.1806^2 = 0.0326$. Jadi putaran mesin mempunyai pengaruh sebesar 0.326% terhadap keausan pahat apabila putaran mesin dan sudut modifikasi pahat konstan. Kontribusi pengaruh gerak makan dapat dihitung dengan $R_{yx3}^2 = 0.1621^2 = 0.0262$, Jadi putaran mesin mempunyai pengaruh sebesar 0.262% terhadap keausan pahat apabila putaran mesin dan gerak makan pahat konstan.

Dari hasil perhitungan nilai korelasi antara variabel bebas dengan keausan pahat berbanding lurus, artinya apabila besar variabel bebas yang diberikan maka semakin tinggi juga keausan pahat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Keausan pahat gurdi paling maksimum terletak pada settingan variabel permesinan putaran mesin 900 rpm, gerak makan 90 mm/min, dan modifikasi sudut $2\text{Kr}2\ 180^\circ\text{-}80^\circ$ keausannya sebesar 0.1600 mm
2. Keausan pahat gurdi paling minimum terletak pada settingan variabel permesinan putaran mesin 700 rpm, gerak makan 70 mm/min, dan modifikasi sudut $2\text{Kr}2\ 180^\circ\text{-}75^\circ$ keausannya sebesar 0.1100 mm.
3. Bentuk persamaan regresi berganda untuk ketiga variabel yang diteliti diberikan persamaan: $Y = 0.04768518 + 0.00003125 X_1 + 0.00040972 X_2 + 0.0004444 X_3$
4. Settingan variabel permesinan yang memberikan keausan pahat paling minimum berdasarkan perhitungan korelasi antara variabel permesinan yaitu:
 - o Putaran mesin 20,79%,
 - o Gerak makan 0,326%, dan
 - o Sudut modifikasi 0,262%.

B. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut hendaknya memperbanyak uji percobaan pendahuluan dengan memperhatikan variabel-variabel permesinan, waktu jeda pendinginan udara pahat gurdi, dan variasi benda kerja yang ingin di uji.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.S. 2004. *Model respon ganda keausan pahat gurdi pada material komposit karbon*. Tesis Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Anonim. *Modifikasi sudut pahat gurdi terhadap keausan pahat pada penggurdian material baja karbon tinggi*. Proyak akhir 2006.
- Anonim. Modul III. *Proses Penggurdian*. Praktikum Proses Manufaktur 2011.
- Iryanto, Agus, 2006. *Statistik konsep dasar dan aplikasinya*. Jakarta: Kencana Prenada media.
- Salam, Abdul. 2005. *Analisis modifikasi sudut pahat gurdi terhadap keausan pahat pada penggurdian material komposit*. Proposal Research Grant. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Stefford, jhoh dan McMurdo, Guy. 1986. *Teknologi Kerja Logam*. Jakarta. Erlangga.
- Suherman, Hendra, dkk. *Pengaruh kondisi pemotongan pahat gurdi terhadap keausan pahat*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.