

OPTIMASI KEAUSAN PAHAT PADA PROSES PENGGURDIAN BENDA KERJA SILINDRIS

Abdul Salam, Luther Sonda¹⁾, Ardiansyah Herianto²⁾

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan kondisi variabel proses permesinan yang dapat menghasilkan keausan pahat yang paling minimal dan mengetahui hubungan antara variabel-variabel proses permesinan. Metode yang digunakan adalah melakukan pengujian pahat gurdi HSS yang dimodifikasi sudut outer cornernya pada beberapa tingkat variabel permesinan pada mesin bubut CNC Emco Tronic TM 02 (EM-242). Variasi putaran mesin(s): 500, 700, dan 900 rpm, sedangkan variasi gerak makan (f) adalah: 50, 70, dan 90 mm/min. Untuk pahat gurdi sendiri digunakan twist drill merk Nachi diameter 12 mm dengan 3 (tiga) jenis modifikasi pahat, yaitu 1180 - 700, 1180 - 750, dan 1180 - 800. Selanjutnya data yang diperoleh dianalisis dengan metode statistik untuk menentukan variabel permesinan yang paling berpengaruh. Hasil yang diperoleh menunjukkan keausan paling minimum pada variabel permesinan putaran mesin 700 rpm, gerak makan 70 mm/min, dan modifikasi sudut 2Kr2 180°-75° keausannya sebesar 0.1100mm. ketiga parameter yang digunakan memberikan pengaruh terhadap keausan pahat yaitu 20,79% untuk putaran mesin, 0,326% untuk gerak makan, dan 0.262% untuk sudut modifikasi.

Kata Kunci: Modifikasi pahat, keausan, penggurdian, mesin bubut CNC.

I. PENDAHULUAN

Dalam proses pemesinan yang sering mengalami penggantian adalah pahat. Pahat merupakan komponen produksi yang dapat habis dan harganya relatif mahal. Pahat akan mengalami keausan setelah digunakan untuk pemotongan. Semakin besar keausan pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat terus digunakan maka keausan pahat akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat akan rusak. Kerusakan fatal tidak boleh terjadi pada pahat sebab gaya pemotongan yang sangat tinggi akan merusakkan pahat, mesin perkakas, benda kerja dan dapat membahayakan operator serta berpengaruh besar pada toleransi geometrik dan kualitas permukaan produk.

Penelitian yang dilakukan Surja (1999), dengan melakukan modifikasi pada sudut potong pahat gurdi yaitu sudut potong utama dibuat mempunyai dua buah. Sudut potong utama pertama (Kr 1) mengikuti pahat gurdi standar, yaitu 118° sedangkan sudut potong utama kedua (Kr 2) dibuat 70°, 75°, 80°. Pemotongan dilakukan pada baja karbon St-60, menunjukkan bahwa modifikasi ini mampu

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Alumni Program D4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

mereduksi gaya aksial sekitar 15%, momen torsi 20%, dan laju keausan pahat lebih rendah dibandingkan pahat standar.

Pahat modifikasi yang dijelaskan di atas akan diaplikasikan pada penggurdian material paduan logam dengan menggunakan jenis pahat gurdi konvensional yang terbuat dari bahan HSS, material paduan logam yang digunakan adalah jenis baja karbon St-60, sedangkan mesin yang digunakan untuk pengujian menggunakan mesin bubut CNC Emco Tronic TM 02.

Berdasarkan permasalahan yangtelah diuraikan, maka dapat dirumuskan hal-hal sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui hubungan antara variabel-variabel proses pemesinan.
2. Bagaimana menentukan setting variabel-variabel proses pemesinan yang dapat menghasilkan keausan pahat yang paling minimal pada proses penggurdian material baja karbonSt-60 dengan menggunakan pahat gurdi berdiameter 12 mm.

Dalam penelitian ini, beberapa batasan permasalahan dilakukan untuk mengefektifkan penelitian. Antara lain sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan untuk menggurdi adalah mesin CNC bubut.
2. Jenis pahat yang digunakan adalah pahat HSS yang berdiameter 12 mm merek nachi.
3. Material benda kerja yang digunakan adalah baja karbon St-60 yang berbentuk silindris dan dianggap homogen.
4. Keausan yang diukur hanya keausan tepi pahat gurdi.
5. Pengaruh pendinginan air diabaikan.
6. Kedalaman pemotongan 30 mm.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan antara variabel-variabel proses pemesinan, menentukan setting variabel-variabel proses pemesinan yang dapat menghasilkan keausan pahat yang paling minimal pada proses penggurdian material baja karbon St-60 dengan menggunakan pahat gurdi berdiameter 12 mm yang dimodifikasi.

Sedangkan manfaat yang dapat diperoleh adalah informasi mengenai nilai keausan pahat yang dapat dicapai pada proses penggurdian material St-60 dengan menggunakan pahat gurdi HSS yang dikerjakan dimesinbubut bubut Emco Tronic TM 02. Selain itu, diperoleh bahan rujukan tentang kondisi setting variabel proses pemesinan yang dapat menghasilkan keausan pahat paling minimal pada penggurdian material baja karbonSt-60, dan dapat dijadikan acuan proses penggurdian pada mesin bubut.

A. Pengertian

a. Proses Gurdi

Proses gurdi dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Sedangkan proses bor (*boring*) adalah proses meluaskan/memperbesar lubang. Pahat gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar oleh poros utama bila dikerjakan mesin gurdi.

Pada mesin bubut dengan benda kerja di putar oleh pencekam poros utama dan gerak pemakanan dilakukan oleh pahat gurdi yang dipasang padaudukan pahat (*tool post*).

b. Proses Bubut

Proses bubut merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan.

c. High Speed Steel(HSS)

High Speed Steel(HSS) adalah salah satu bahan pahat bubut yang banyak digunakan oleh operator untuk membubut baja karbon rendah atau medium. HSS inimempunyai kemampuan potong pada kecepatan yang tinggi dan mampu kerja padasuhu yang tinggi. Bahan pahat HSS juga dapat dengan mudah di bentuk menjadipahat potong proses yang rumit/proses pabrik cukup hanya di bentuk dengan mesingerinda duduk kasar dibandingkan dengan yang lain seperti *carbide*.

B. Material dan Geometri Pahat Gurdi

a. Material Pahat Gurdi

Proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan cara pertemuan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul dari pada material benda kerja.

Urutan material pahat mulai dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas adalah :

1. Baja Karbon (*High Carbon Steels, Carbon Tool Steels, CTS*)
2. HSS (*High Speed Steels, Tool Steels*)
3. Paduan Cor Nonferro (*Cast Nonferrous Alloys, Cast Carbides*)
4. Karbida (*Cemented Carbides, Hardmetals*)
5. Keramik (*Ceramics*)
6. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)
7. Intan (*Sintered Diamonds & Natural Diamonds*)

b. Geometri Pahat Gurdi

Beberapa bagian pahat yang dapat didefinisikan adalah elemen pahat, bidang pahat dan mata potong pahat.

a). Elemen Pahat

1. Badan (*body*), adalah bagian pahat yang dibentuk untuk mata potong atau tempat untuk sisipan pahat.
2. Pemegang/ gagang (*Shank*), adalah bagian pahat yang dipasangkan pada mesin perkakas. Bila bagian ini tidak ada, maka fungsinya diganti oleh lubang pahat.
3. Sumbu pahat (*Tool Axis*), adalah garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat. Umumnya merupakan garis tengah dari pemegang.

b). Bidang Pahat

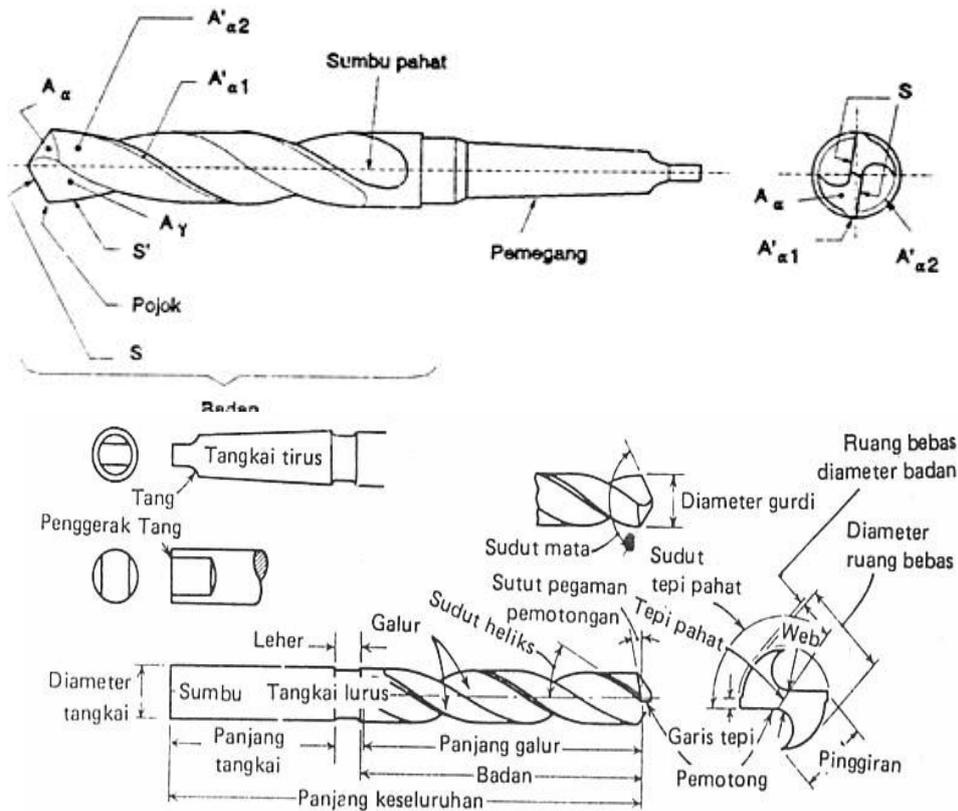
Bidang pahat merupakan permukaan aktif pahat. Setiap pahat mempunyai bidang aktif sesuai dengan jumlah mata potongnya (tunggal atau jamak). Tiga bidang aktif dari pahat adalah:

1. Bidang Geram ($A\gamma$, *Face*), adalah bidang tempat geram mengalir.
2. Bidang utama/ Mayor ($A\alpha$, *Principal Mayor Flank*), adalah bidang yang menghadap permukaan transient dari benda kerja.
3. Bidang Bantu/ Minor ($A\alpha'$, *Auxiliary Minor Flank*), adalah bidang yang menghadap permukaan terpotong dari benda kerja.

c). Mata potong

Mata potong merupakan tepi dari bidang geram yang aktif memotong. Ada dua jenis mata potong, yaitu :

1. Mata Potong Utama/ Mayor (S , *Principal Mayor Cutting Edge*), adalah garis perpotongan antara bidang geram ($A\gamma$) dengan bidang utama ($A\alpha$).
2. Mata potong Bantu/ Minor (S' , *Auxiliary Minor Cutting Edge*), adalah garis perpotongan antara bidang geram ($A\gamma$) dengan bidang bantu ($A\alpha'$).



Gambar 1. Bagian-bagian dari pahat gurdi (Rochim, 1993)

d). Sudut potong

Tabel 1. Macam-macam sudut spiral dan sudut potong pahat gurdi

Bahan	Sudut spiral	Sudut potong
Baja dan Besi Tuang	20-30°	118°
Kuningan Brons	10-15°	130°
Aluminium Paduan Al Paduan Mg Tembaga	35-40°	140°
Bahan sintetik keras termal	10-15°	80°
Bahan sintetik termoplastik	35-40°	80°

Sumber: Bambang, 1994.

Untuk mereduksi gaya aksial, momen torsi, dan laju keausan pahat, maka para peneliti memodifikasi sudut potong utama pahat standar. Sudut potong utama pertama (Kr 1) mengikuti pahat gurdi standar, yaitu 118° sedangkan sudut potong utama kedua (Kr 2), misalnya dibuat 70°, 75°, dan 80°.

C. Material pahat gurdi

Urutan material pahat mulai dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas adalah :

1. Baja Karbon (*High Carbon Steels, Carbon Tool Steels, CTS*)
2. HSS (*High Speed Steels, Tool Steels*)
3. Paduan Cor Nonferro (*Cast Nonferrous Alloys, Cast Carbides*)
4. Karbida (*Cemented Carbides, Hardmetals*)
5. Keramik (*Ceramics*)
6. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)
7. Intan (*Sintered Diamonds & Natural Diamonds*)

D. Elemen-elemen Dasar Proses Penggurdian

Elemen-elemen dasar proses penggurdian dapat dituliskan sebagai berikut:

- Kecepatan potong

$$V_c = \pi d n / 1000 ; \text{ m/menit} \quad (1)$$
- Gerak makan per mata potong

$$f_z = V_f / (n z) ; \text{ mm/putaran} \quad (2)$$
- Gerak makan per sisi potong

$$a = f_z / 2 \sin (K_r) ; \text{ mm/putaran} \quad (3)$$
- Lebar pemotongan

$$b = d / 2 \sin (K_r) ; \text{ mm} \quad (4)$$
- Luas pemotongan

$$A = a b ; \text{ mm}^2 \quad (5)$$
- Kecepatan penghasilan geram (RMR)

$$Z = \frac{\pi d^2 V_f}{4 \times 1000} ; \text{ cm}^3/\text{menit} \quad (6)$$

Dimana:

- d = diameter pahat gurdi ; mm
- n = putaran spindel mesin ; rpm
- V_f = kecepatan makan ; mm/menit
- z = jumlah mata potong = 2
- K_r = sudut potong utama ; $^{\circ}$

E. Keausan Pahat

Pada dasarnya umur pahat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan proses pemesinan, yaitu jenis material benda kerja dan pahat serta kondisi pengurdian dan cairan pendingin. Batas keausan yang diijinkan untuk jenis pahat tertentu dalam memotong benda kerja seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Batas Keausan Kritis Pahat Potong

Jenis Pahat	Benda Kerja	VB (mm)
HSS	Baja dan Besi Tuang	0.3 – 0.8
Karbida	Baja	0.2 – 0.6
Karbida	Besi Tuang dan Non Ferrous	0.3 – 0.6
Keramik	Baja dan Besi Tuang	0.3

Sumber: Rochim,1993.

F. Metode Statistik untuk Eksperimen

a. Metode Regresi

Analisis regresi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi yang sekarang dimiliki agar memperkecil kesalahan. Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga dapat digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antarvariabel. Jika kita memiliki dua buah variabel atau lebih maka sudah selayaknya apabila kita ingin mempelajari bagaimana variabel-variabel itu berhubungan atau dapat diramalkan. Analisis regresi dapat juga diartikan sebagai usaha memprediksi perubahan. Perubahan nilai suatu variabel dapat disebabkan karena adanya perubahan pada variabel-variabel lain yang mempengaruhinya.

Regresi Linear Berganda

➤ Bentuk persamaan regresi ganda sbb :

Tiga variable bebas

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \tag{7}$$

Untuk menghitung koefisien regresinya menggunakan persamaan sbb :

$$\begin{aligned} \sum Y &= b_0 n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3 \\ \sum X_1 Y &= b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 X_3 \\ \sum X_2 Y &= b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2 X_3 \\ \sum X_3 Y &= b_0 \sum X_3 + b_1 \sum X_1 X_3 + b_2 \sum X_2 X_3 + b_3 \sum X_3^2 \end{aligned} \tag{8}$$

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.

b. Korelasi

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

$$r = \frac{n\sum X_{1i}Y_i - (\sum X_{1i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (9)$$

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

a. Koefisien korelasi antara X_1 dan Y

$$r_{yx1} = \frac{n\sum X_{1i}Y_i - (\sum X_{1i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_{1i}^2 - (\sum X_{1i})^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (10)$$

b. Koefisien korelasi antara X_2 dan Y

$$r_{yx2} = \frac{n\sum X_{2i}Y_i - (\sum X_{2i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_{2i}^2 - (\sum X_{2i})^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (11)$$

c. Koefisien korelasi antara X_3 dan Y

$$r_{yx3} = \frac{n\sum X_{3i}Y_i - (\sum X_{3i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_{3i}^2 - (\sum X_{3i})^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (12)$$

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Mekanik, Lab. Mekanik dan di Lab. CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu penelitian selama kurang lebih tiga bulan.

a. Alat

1. Mesin potong material
2. Mesin gerinda duduk
3. Mesin CNC bubut merek EMCO tronic TM 02
4. Tool Grinding merek W.Steinegger Bll ch type EG 71.100/2
5. Profile projector model PJ300

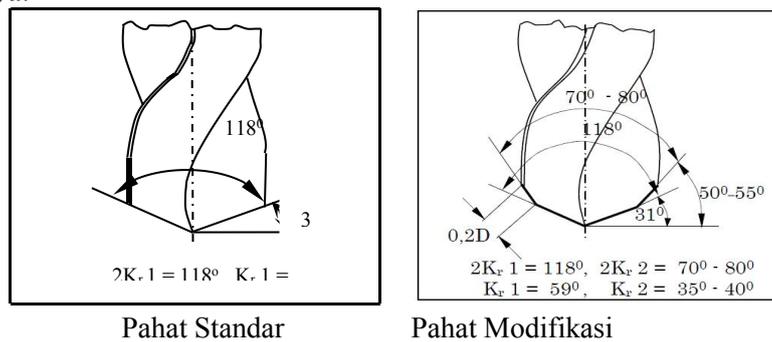
b. Bahan

1. Twis drill Ø 12 mm standar (*no coating*) merek Nachi,
2. Twis drill Ø 12 mm modifikasi *outer-cornernya*,
3. Material benda kerja St-60 (silindris).

Teknik Pengumpulan Data

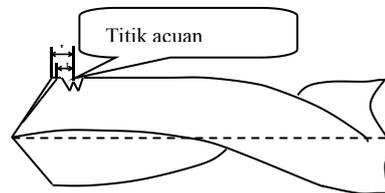
1. Variasi putaran maesin(s) : 500, 700, dan 900 rpm
2. Variasi gerak makan (f) dipilih : 50, 70, dan 90 mm / min
3. Pahat gurdi yang digunakan adalah HSS diameter 12 mm merek nachi, apabila menggunakan pahat gurdi carbida harga relative mahal

4. Material benda kerja St-60 yang panjangnya 70 mm agar dapat di gurdi bolak-balik, Alasan memilih St-60 karena untuk mengimbangi bahan dari pahat gurdi apabila material benda kerja terlalu lunak besar kemungkinan pahat gurdi akan lama mengalami keausan.
5. Kedalaman Pemakanan, di pilih pada kedalaman 30 mm.
6. Setiap satu kali program kedalaman pemotongan 30 mm, lalu benda kerja dibalik/diganti untuk pemograman yang berulang dan pemotongan berikutnya. Program CNC berulang sebanyak 16 kali untuk satu data.
7. Sudut-sudut potong modifikasi outer-corner yang digunakan adalah 70° , 75° , dan 80° . Gambar berikut memperlihatkan pahat gurdi yang dimodifikasi *outer cornernya*.



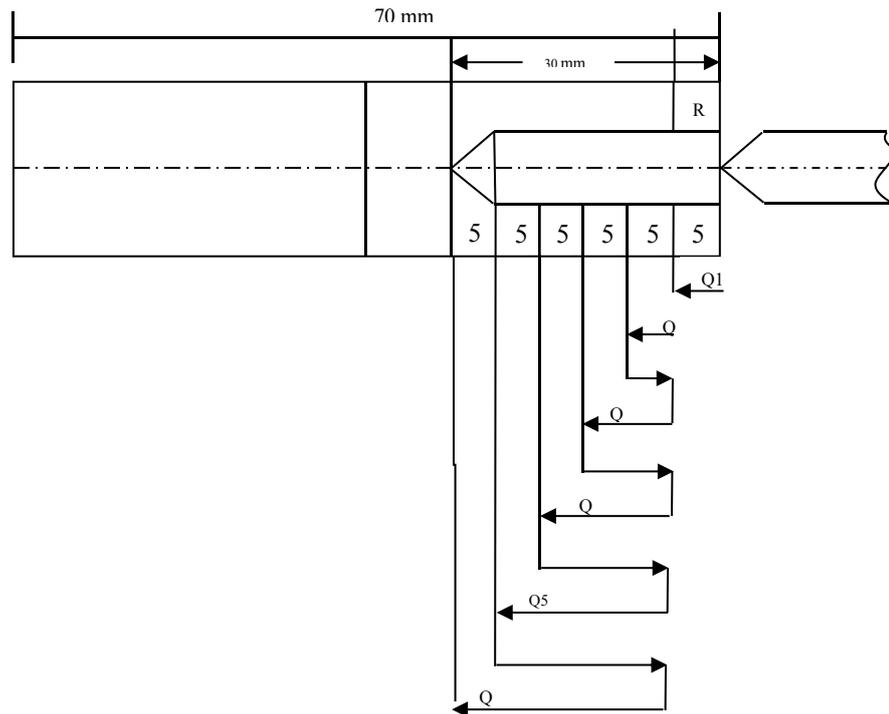
Gambar 2. Pahat standar dan pahat modifikasi (Chanana, 1996)

8. Langkah-langkah pengukuran keausan
 - a) Pahat standar/modifikasi diberikan tanda (digerinda) sebagai titik acuan pengukuran



Gambar 3. Pemberian titik acuan pengukuran pahat gurdi

- b) Ukur dan catat dari titik acuan ke sudut utama ujung luar (L)
 - c) Lakukan pengeboran sebanyak 16 kali dengan variasi putaran mesin dan gerak makan yang sudah di tentukan.
 - d) Ukur dan catat kembali jarak dan titik acuan ke sudut utama ujung luar (L^1)
 - e) Untuk mengetahui keausan pahat (VB) kurangkan L dengan L^1 ($VB = L - L^1$)
9. Langkah pengurdian dengan pemutusan total dimesin CNC.



Gambar 4. Langkah-langkah penggurdian di mesin bubut CNC.

- Langkah pertama diawali dengan pahat berada di posisi $Z=0$.
- Penggurdian pertama pahat gurdi menuju ketitik Q1 dengan jarak 5 mm. ($Q1=Q2=,Q3=...,=Q6=5\text{mm}$)
- Jarak yang diberikan oleh $R= -5$ mm maka Selanjutnya pahat gurdi bergerak menuju titik Q2.
- Setelah sampai ketitik Q2 lalu pahat gurdi bergerak ke titik R yaitu $Z= -5$ mm.
- Peget gurdi berulang sampai ketitik Q6.
- Lalu pahat gurdi menuju $Z=75$
- Program penggurdian selesai.

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara statistik, dalam penelitian ini untuk menjelaskan hubungan keausan pahat dengan variabel-variabel permesinan menggunakan metode regresi linear berganda, dan untuk mengetahui hubungan antar variabel-variabel permesinan terhadap keausan pahat menggunakan perhitungan korelasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengamatan

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

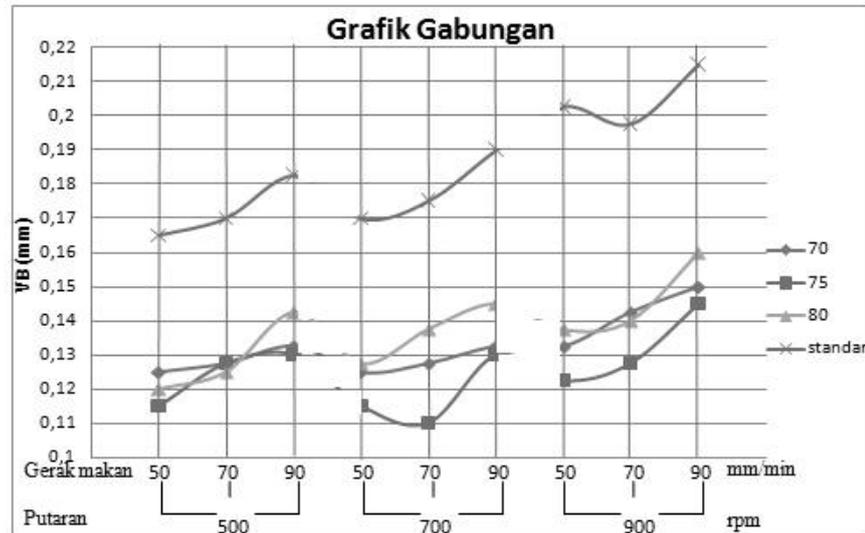
Tabel 2. Data Pengamatan keausan pahat pada sudut pahat standar

No. Eksp.	X1	X2	Y
	S (rpm)	F (mm/min)	Keausan (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 modifikasi

No. Eksp.	X1	X2	X3	Y
	S	F	Modif pahat	Keausan
	(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 5. Grafik laju keausan pada pahat standar dan modifikasi

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 penggurdian lubang ke-5 pahat gurdy 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 penggurdian ke-16 pahat gurdy 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 2 menit, serta jumlah setiap data rancangan sebanyak 16 lubang, keausan maksimum yang diperoleh dari percobaan pendahuluan yaitu 0,2150 mm.

Berdasarkan hasil pengukuran keausan pahat dan grafik, maka ketiga sudut modifikasai pahat memberikan keausan yang lebih kecil di banding 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 *outercorner* 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 *outercornernya*. Berbeda juga dengan sudut modifikasi 2Kr2 118°-70° gaya yang mengenai bidang utama keausan pahatnya lebih besar di bagian dalam *outercornernya*.

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 (8).

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

Nilai-nilai pada persamaan (8) dapat dilihat ditabel bantu persamaan regresi.

Hasil dari penyelesaian matriks diatas yaitu:

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

Bentuk persamaan regresi ganda persamaan (7) 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 variable. 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 (X1) dengan keausan pahat (Y), dapat diselesaikan menggunakan persamaan (10), (11), dan (12).

$$r_{yx1} = \frac{((27)(2509.2550)) - ((18900)(3.5525))}{\sqrt{\{((27)(13950000)) - (18900)^2\} \{((27)(0.4708)) - (3.5525)^2\}}}$$

$$r_{yx1} = \frac{67749.75 - 67142.25}{\sqrt{\{19440000\} \{0.0913\}}} \quad r_{yx1} = 0.4560$$

Dengan cara yang sama, koefisien korelasi antara gerak makan (X2) dan (X3) dengan keausan pahat (Y), diperoleh: $r_{yx2} = 0.1806$ dan $r_{yx3} = 0.1621$

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 sudut modifikasi mempunyai pengaruh sebesar 0.262% terhadap keausan pahat apabila putaran mesin dan gerak makan pahat konstan.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dan kemudian menganalisisnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagaiberikut:

1. Pada penelitian ini yang menghasilkan keausan paling maksimum terletak pada variabel permesinan putaran mesin 900 rpm, gerak makan 90 mm/min, dan modifikasi sudut $2K_{r2} 118^{\circ}-80^{\circ}$ keausannya sebesar 0.1600mm
2. Pada penelitian ini yang menghasilkan keausan paling minimum terletak pada variabel permesinan putaran mesin 700 rpm, gerak makan 70 mm/min, dan modifikasi sudut $2K_{r2} 118^{\circ}-75^{\circ}$ keausannya sebesar 0.110mm.
3. Pada penelitian ini hasil dari perhitungan korelasi menunjukkan pengaruh hubungan variabel terhadap keausan pahat tidak signifikan atau pengaruhnyakecil. Analisis korelasi untuk melihat besar pengaruhhubungan variabel terhadap keausan pahat yaitu:
 - o Putaran mesin 20,79%, hasil korelasi= 0.4560
 - o Gerak makan 0,326%, hasil korelasi= 0.1806
 - o Sudut modifikasi 0,262%, hasil korelasi= 0.1621

B. Saran

Dalam kesempatan ini penguji ingin memberi saran sebagai berikut:

1. Pastikan permukaan bidang pahat yang akan diukur benar-benar bersih.
2. Untuk kajian lebih lanjut disarankan memperbanyak uji percobaan pendahuluan dengan memperhatikan variable-variabel permesinan, waktu jeda pendinginan pahat gurdi, dan variasi benda kerja yang ingin diuji.
3. Untuk kajian lebih lanjut disarankan diuji/diteliti juga kekasaran permukaan hasil penggurdian (benda kerja) untuk mengetahui korelasi antara keausan pahat dan kekasaran permukaan hasil penggurdian.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M.S. 2004. *Model Respon Ganda Keausan Pahat Gurdi Pada Material Komposit Karbon*. Tesis Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Bambang, Priambodo. 1994. *Elemen Mesin Jilid I*. Jakarta: Erlangga
- Iryanto, Agus, 2006. *Statistik Konsep Dasar Dan Aplikasinya*. Jakarta: Kencana Prenada media.
- Indra, Akmal. *Mesin Bor*. (Online). <http://akmalindra.wordpress.com/2009/06/18/mesin-bor/>
- Rezky. 2006. *Modifikasi Sudut Pahat Gurdi Terhadap Keausan Pahat Pada Penggurdian Material Baja Karbon Tinggi*. Proyek akhir Jurusan Teknik MESin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rohim, Taufik. 1993. *Teori Dan Aplikasi Proses Permesinan*. Bandung: Higher Education Development Support Project.
- Chanana, Charanjit. 1996. *Production Technology*. First edition. New Delhi: McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- 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.
- Surja, D. H. 1999. *Analisis Modifikasi Outer-Corner Angle Pahat Gurdi Pada Penggurdian Material Besi Tuang*. Tugas Sarjana S1 Jurusan Teknik Mesin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- _____. Eliminasi Gauss-Jordan Elimination. (Online). http://www.idomaths.com/id/gauss_jordan.php