

PENENTUAN HARGA EKSPONEN DAN KONSTANTA UMUR PAHAT KARBIDA DENGAN PERSAMAAN TAYLOR UNTUK MEMBUBUT ALUMINIUM T-6061 PADA KONDISI KERING DENGAN METODE VARIABLE SPEED MACHINING TEST

Sudjatkiko *

Abstraksi

Umur pahat merupakan suatu data pemesinan yang sangat penting dalam perencanaan pemesinan. Dalam penelitian ini dijelaskan menentukan harga eksponen (n) dan konstanta umur pahat (C_T) karbida untuk membubut Aluminium T-6061, pada proses pemesinan kering (*dry machining*) dengan metoda *Variable Speed Machining Test*, dapat dimanfaatkan untuk melengkapi data pemesinan mengenai umur pahat. Penelitian dilakukan dengan memperhatikan pengaruh kondisi pemotongan, dimana kecepatan potong bervariasi, kedalaman potong divariasikan, sedangkan kondisi pemotongan lain, gerak makan konstan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan harga eksponen umur pahat dan konstanta umur pahat karbida dengan kondisi pemotongan yang optimum. Berdasarkan hasil penelitian dengan metoda analitis dan grafik digunakan analisa percobaan, memperoleh nilai eksponen n umur pahat ($n = 0.3$) dan konstanta umur pahat $C_T = 112,5723$, pada kecepatan potong tinggi (optimum) $[V_c] = 69,12$ m/menit, dengan waktu terpendek (T_c) = 12 menit, dengan kedalaman makan (a) = 0,70 mm, persamaan umur pahat Taylor $VT^{0.3} = 112,5723$. Untuk kecepatan potong terendah (minimum) $[V_c] = 34,56$ m/menit, kedalaman makan (a) = 0.70 mm, dengan waktu terlama (T_c) = 96 menit, memperoleh nilai eksponen n umur pahat ($n = 0.3$) dan $C_T = 158,2453$, persamaan umur pahat Taylor $VT^{0.3} = 158,2453$.

Kata Kunci : Pahat Karbida, Umur Pahat, Keausan Pahat

PENDAHULUAN

Selama proses pemesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Gesekan yang dialami pahat oleh permukaan geram yang mengalir dan permukaan benda kerja yang telah terpotong. Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini akan makin membesar sampai batas tertentu. Lamanya waktu untuk mencapai batas keausan ini yang didefinisikan sebagai umur pahat (*tool life*). Begitu penting memperhatikan umur pahat pada proses pemesinan, kriteria mengenai umur pahat atau batas waktu pemakaian pahat yaitu apabila pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan. Penelitian tentang umur pahat sudah

dilakukan oleh beberapa peneliti sebagai berikut :

Dalam penelitian yang dilakukan (Budiman; H. Richard, 2007) dengan menggunakan mesin bubut konvensional, menunjukkan umur dan keausan pahat karbida untuk membubut baja paduan ASSAB 760, dengan kecepatan potong tinggi ($V_c = 170,816$ m/menit), diperoleh umur pahat yang paling pendek 14,756 menit, dan umur paling panjang 140,33 menit yang terjadi pada kecepatan potong rendah ($V_c = 54,259$ m/menit). Persamaan *Taylor* (1907) dari hasil penelitian diperoleh $VT^{0.378} = 379$.

Dalam penelitian yang dilakukan (Pawlik, A, et al, 2004) dengan menggunakan mesin bubut konvensional, menunjukkan untuk setiap pahat karbida dan

* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

material benda kerja yang digunakan baja AISI 1148 untuk mendapatkan data umur dan kondisi pemesinan, variabel proses pemesinan dengan putaran spindel yang divariasikan menjadi 3 tingkatan dengan gerak potong (f) dan kedalaman potong (a) konstan. persamaan rumus *Taylor* dari penelitian diperoleh $V.T^{0.2574} = 521,4$.

Penelitian yang dilakukan (Suherman H, et al, 2006) dengan menggunakan mesin *Freis* konvensional, menunjukkan umur umur dan keausan pahat HSS gudi untuk membubut baja karbon rendah (ST-37) dengan kecepatan potong tinggi ($V_c = 5.275$ m/menit) dengan gerak makan (f) rendah = 0,05 mm/putaran menghasilkan keausan tepi (V_B) = 0,143 mm, gerak makan (f) tinggi = 0,2 mm/putaran, menghasilkan keausan tepi (V_B) = 0,354 mm < ($V_B = 0,3$ mm) diperoleh umur pahat yang paling pendek 2,11 menit. Umur pahat paling panjang 4,72 menit dengan kecepatan potong rendah ($V_c = 1.884$ m/menit), gerak makan (f) rendah = 0,05 mm/putaran menghasilkan keausan tepi (V_B) = 0,082 mm, gerak makan (f) tinggi = 0,2 mm/putaran menghasilkan keausan tepi (V_B) = 0,305 mm < $V_B = 0,3$ mm.

Perumusan masalah yaitu melakukan pengujian pemesinan dengan metoda *Variable Speed Machining Test* salah satu cara yang dilakukan oleh Taylor, dimana material benda kerja Aluminium T-6061 dengan pahat karbida menentukan harga eksponen umur pahat (n) dan konstanta umur

pahat (C_T) karbida dengan menggunakan persamaan **Taylor** $V.T^n = C_T$

Tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu harga eksponen umur pahat (n) dan konstanta umur pahat (C_T) karbida dengan kondisi pemotongan yang optimum. Manfaat penelitian dapat digunakan sebagai data dalam perencanaan proses bubut komponen otomotif, dan kepada dunia industri otomotif /atau manufaktur dan dunia akademik untuk pengembangan penelitian berikutnya.

KAJIAN PUSTAKA

Lima Elemen Dasar Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis pemesinan seperti proses bubut, proses gudi dan lain-lain harus dipilih sebagai suatu proses/urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran objektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran objektif itu dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Selain itu setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. pekerjaan ini akan ditemui dalam setiap perencanaan proses pemesinan (Rochim, T., 2007).

Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan yaitu :

1. Kecepatan potong : V_c (m/menit)
2. Kecepatan makan : V_f (mm/menit)
3. Kedalaman potong : a (mm)
4. Waktu pemotongan : t_c (menit)
5. Kadar pembuangan material (*rate of metal removal*) : Z (cm³/menit)

Elemen proses pemesinan tersebut (V_c, V_f, a, t_c, Z) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan pahat serta besaran dari mesin perkakas, oleh sebab itu rumus yang dipakai dalam setiap proses pemesinan bisa berlainan.

Aplikasi Pada Operasi Pembubutan

Elemen dasar dari proses bubut (*turning*) dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 1. Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

Benda kerja :

- d_o : diameter awal ; mm
 d_m : diameter luar ; mm
 l_t : panjang pemesinan ; mm

Pahat :

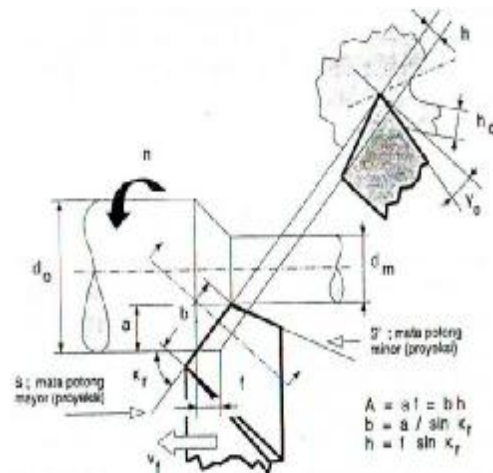
- K_r : sudut potong utama ; °
 g_o : sudut geram ; °

Mesin bubut :

- a : kedalaman potong ; mm
 $a : (d_o - d_m) / 2$; mm
 f : gerak makan ; mm/putaran
 n : putaran poros utama (rpm) .

Gambar 1 terlihat bahwa proses bubut tersebut menggunakan suatu proses pemotongan miring (*oblique cutting*) yaitu suatu sistem pemotongan dengan gerakan relatif antara pahat dan benda kerja

membentuk sudut potong utama (K_r) kurang dari 90° (Rochim, T., 2007).



Gambar 1. Proses Bubut (Rochim, T., 2007)

Kecepatan makan (V_f) dihasilkan oleh pergerakan dari pahat ke benda kerja. Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

1. Kecepatan potong

$$V_c = \frac{p.d.n}{1000} ; \text{m/menit}$$

2. Kecepatan pemakanan

$$V_f = f . n ; \text{mm/menit}$$

3. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v ; \text{menit}$$

4. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = A . V ; \text{cm}^3 / \text{menit}$$

5. Lebar pemotongan

$$b = a / \sin K_r ; \text{mm}$$

6. Tebal geram sebelum terpotong

$$h = f \sin K_r ; \text{mm}$$

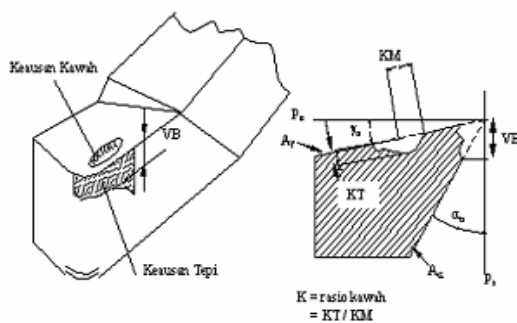
Bidang Aktif Pahat yang Mengalami Kerusakan/Keausan

Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain:

- Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
- Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastis yang akan mengubah bentuk/geometri pahat. Jenis kerusakan yang terakhir di atas jelas disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama naiknya temperatur.

Keausan dapat terjadi pada bidang geram (A_r) dan/ atau pada bidang utama (A_c) pahat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, keausan dibedakan jadi 2 macam yaitu:

- Keausan kawah (*crater wear*)
- Keausan tepi (*flank wear*)
- Proses keretakan, dan kelelahan



Gambar 2. Keausan Kawah dan Tepi (Rochim, T, 2007)

Umur Pahat

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa, umur pahat dapat didefinisikan sebagai lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai batas keausan yang ditetapkan. Saat proses pemesinan berlangsung bahwa pahat telah mencapai

batas keausan yang telah ditetapkan (umurnya) dari kriteria berikut :

- Adanya kenaikan gaya potong,
- Terjadinya getaran/*chatter*,
- Penurunan kehalusan permukaan hasil pemesinan, dan/atau
- Perubahan dimensi/geometri produk.

Dengan menentukan kriteria saat habisnya umur pahat seperti di atas, maka umur pahat dapat ditentukan yaitu mulai dengan pahat baru (setelah diasah atau *insert* telah diganti) sampai pahat yang bersangkutan dianggap tidak bisa digunakan lagi. Dimensi umur dapat merupakan besaran waktu, yang dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan mengkorelasikan terhadap besaran lain. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. Untuk harga yang tetap bagi batas dimensi keausan serta kombinasi pahat dan benda kerja tertentu, maka hubungannya sebagai berikut :

$$V.T^n = C_T$$

dimana:

C_T = konstanta umur pahat Taylor

V = kecepatan potong

n = harga eksponen

Persamaan di atas dikenal dengan nama Persamaan Umur Pahat Taylor. Harga Konstanta C_T dan eksponen n diperoleh dengan melakukan praktek pemotongan /pemesinan material benda kerja. Semakin kecil harga eksponen n , maka umur pahat yang bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong.

Menurut penelitian yang dilakukan (Rochim, T, 2007), pengaruh perubahan variabel pemesinan terhadap perubahan umur pahat, secara berurutan dari yang paling besar pengaruhnya adalah:

- a. Kecepatan potong, V ; bila diubah +5%, T turun 20%,
- b. Batasan keausan, V_B ; bila diubah +5%, T naik 10%,
- c. Tebal geram atau gerak makan; bila diubah + 5%, T turun 5%,
- d. Lebar geram, atau kedalaman potong; bila diubah +5%, T turun 2%.

METODOLOGI

Metoda yang menjadi dasar dalam bentuk penelitian untuk memperoleh kondisi pemotongan yang memberikan umur pahat yang optimal ini adalah “test cepat” salah satu metode yang dipergunakan oleh Taylor (1907) ini adalah “*Variable Speed Machining Test*”. Penelitian dilakukan dengan menvariasikan kecepatan potong (V_c) dan kedalaman potong. Persamaan Umur Pahat Taylor diperoleh harga eksponen n dan konstanta C_T . Analisa pengujian ini dilakukan dengan metode grafik.

Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa keausan tepi (V_B) dan keausan kawah (K_T) terhadap umur pahat,
2. Pengaruh kecepatan potong yang bervariasi terhadap umur pahat.

Variabel Proses Pemesinan dan Nilainya

Pada penelitian ini sebagai variabel bebasnya adalah :

Kecepatan potong = V (m/min),

Kedalaman potong = a (mm),

Gerak makan = f (mm/put) konstan seperti yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. **Variabel Kecepatan Potong (V_c) dan Tingkatannya**

n (Rpm)	Kecepatan Potong (V_c) (m/ment)	Gerak Makan (f) (mm/Put)	Kedalaman Potong (a) (mm)
1000	69,12	0,05	0,10
			0,35
			0,70
750	51,84	0,05	0,10
			0,35
			0,70
500	34,56	0,05	0,10
			0,35
			0,70

Variasi kecepatan potong dilakukan dengan cara memilih tingkatan untuk masing-masing daerah kecepatan potong rendah, sedang dan tinggi. Cara ini cukup untuk melihat pengaruh faktor-faktor tersebut dengan pendekatan analisis umur pahat dengan metoda grafik umur pahat Taylor.

Variabel tidak bebas (respon) adalah variabel yang besarnya diambil atau diketahui sewaktu penelitian berlangsung, yang diamati adalah umur pahat, dan keausan tepi pada pahat.

Material dan pahat yang digunakan

Tabel 2. **Dimensi Material Yang Digunakan**

Bahan	Panjang	Diameter	Bentuk
Al T-6061	100 mm	22 mm	Pejal

Pahat potong yang digunakan

Pahat karbida sisipan (*insert tool cemented carbide*), kode : S60T04

Pemegang pahat (*tool holder*) dengan type SDJCR1210 D 07

Peralatan yang digunakan

1. Mesin bubut TU CNC-2A untuk proses pemesinan.
2. *Stopwatch* sebagai pencatat waktu pemesinan
3. *Tachometer* sebagai pengukur putaran spindel
4. Jangka sorong sebagai pengukur dimensi kerja
5. *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function-Merk Dino-lite*, untuk pemotretan keausan pahat
6. Perangkat lunak (PC) untuk mengkonversi ke poin (5) yang menghasilkan data.

Prosedur Penelitian

1. Pengujian awal untuk verifikasi dan penentuan range level variabel proses pemesinan.
2. Menyiapkan setting data proses pembubutan (*insert tool, stopwatch, Tachometer*, alat ukur)
3. Menyiapkan material Aluminium T-6061 dengan (*L*) panjang = 100 mm, (*f*) diameter = 22 mm
4. Melakukan proses pembubutan dengan panjang (*L_p*) pembubutan = 60 mm dan sesuai dengan variabel yang ditentukan (atau 80 kali langkah)
5. Penghentian proses pembubutan setiap 10 langkah dan mengukur waktu pemotongan (*t_c*) dan pemotretan keausan pahat (*V_B*).

6. Langkah 4. dan 5. tersebut dilakukan sampai pahat mencapai batas awal pertumbuhan muncul hingga kriteria keausan yaitu pada $V_B \leq 0,3$ mm, dengan *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function*
7. Mengidentifikasi nilai keausan pahat (*V_B*) dari setiap kombinasi kondisi pemesinan.
8. Membuat pembahasan dan kesimpulan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kondisi pemesinan yang memberikan umur pahat yang optimal dari pahat karbida dengan memvariasikan kecepatan potong menjadi 3 tingkatan hasil pengujian dan penelitian keausan pahat dapat ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Keausan tepi (*V_B*) dan Umur pahat (*T*)

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan (*t_c*) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ($V_B \leq 0,3$ mm). Pertumbuhan keausan pahat pada kecepatan potong yang berbeda sampai kritis keausan pahat karbida.

Tabel 2. **Data Hasil Identifikasi Pengujian Penelitian Keausan Pahat**

<i>n</i> (rpm)	<i>f</i> (mm/put)	<i>V_c</i> (m/menit)	<i>a</i> (mm)	<i>t_c</i> (menit)	<i>V_B</i> (mm)	<i>R_c</i> (mm)
1000	0.05	69.12	0.10	36	0.1192	0.4374
			0.35	24	0.1769	0.3937
			0.70	12	0.1827	0.4039
750	0.05	51.84	0.10	48	0.1175	0.3825
			0.35	72	0.1256	0.3905
			0.70	84	0.1731	0.4011
500	0.05	34.56	0.10	84	0.1165	0.4010
			0.35	96	0.1139	0.4599
			0.70	96	0.0987	0.4235

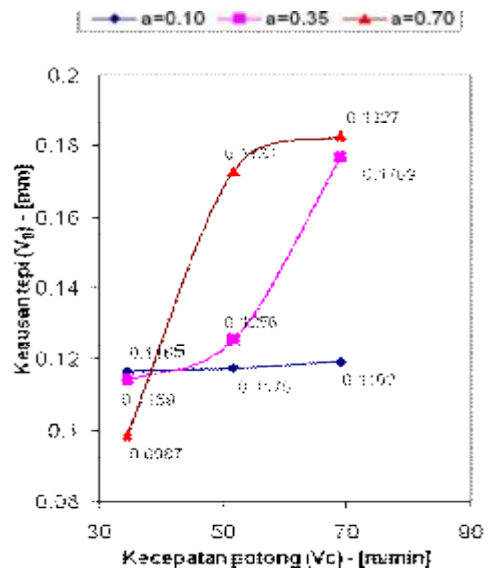
Pengaruh Kondisi Pemotongan

Dari gambar 3, grafik laju keausan tepi (V_B) pahat terlihat bahwa keausan tepi yang terjadi semakin bertambah besar seiring dengan bertambahnya kecepatan potong untuk semua kondisi kecepatan potong (V_c). Untuk kecepatan potong yang berbeda, maka keausan tepi yang terjadi selalu bertambah seiring bertambahnya waktu pemotongan (t_c). Pada kecepatan potong (V_{c3}) = 69.12 m/menit (n_3 = 1000 rpm), harga keausan tepi (V_B) nampak pada 0,1192 mm untuk kedalaman potong (a) 0,1 mm, dengan waktu (t_c) 36 menit. Keausan tepi ini meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman potong (a) gerak makan yang diberikan. Pada kondisi kedalaman potong (a) = 0.70 mm, maka keausan tepi (V_B) telah terlihat $0.1825 \text{ mm} \leq 0,3 \text{ mm}$ (yang ditetapkan), dengan waktu (t_c) 12 menit, nampak pengaruh perubahan radius pojok (R_e) mm terhadap waktu pemotongan (t_c), radius pojok makin mengecil pada kondisi n_3 (1000 rpm) pada kedalaman potong (a) = 0,70 mm (tabel 1).

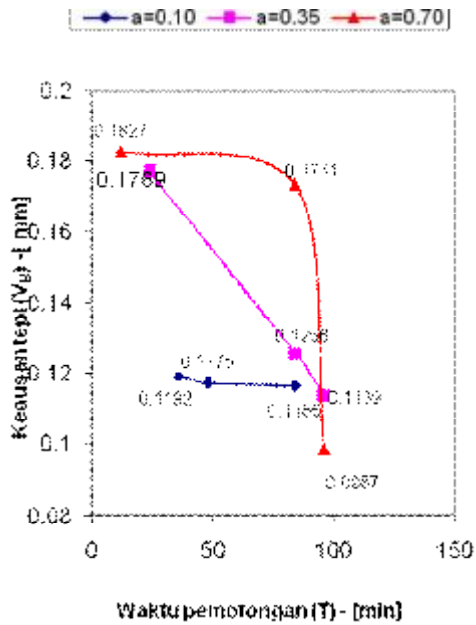
Umur Pahat (T)

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan (t_c) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ($V_B \leq 0,3 \text{ mm}$). Umur pahat dapat ditentukan secara analitis empiris yakni dengan menggunakan persamaan umur pahat Taylor. Selain itu juga dapat diperkirakan dengan analisis pendekatan secara grafis dapat pula diperkirakan dengan menggunakan metoda interpolasi data seperti yang dilakukan pada

penelitian ini. Berdasarkan grafik umur pahat yang ditunjukkan gambar 4, terlihat bahwa pada penelitian ini dengan meningkatnya waktu pemotongan (t_c), maka laju keausan pahat (V_B) akan menurun juga dan umur pahat (T_c) akan menurun, bahwa umur pahat yang paling lama terjadi pada kecepatan potong rendah (V_{c1} = 34.56 m/menit) yaitu (T_c) 96 menit atau (langkah ke 80), dalam penelitian ini dipengaruhi oleh kedalaman potong (a_1) = 0,10 mm, dan umur pahat yang paling pendek terjadi pada kecepatan potong yang tinggi (V_{c3} = 69.12 m/menit) yaitu (T_c) 12 menit atau (langkah ke 10). Pada penelitian ini yang berpengaruh dengan kondisi pemotongan adalah besarnya kedalaman potong (a_3) = 0.70 mm.



Gambar 3. Grafik Hubungan Keausan Tepi (V_B) terhadap Kecepatan Potong (V_C)



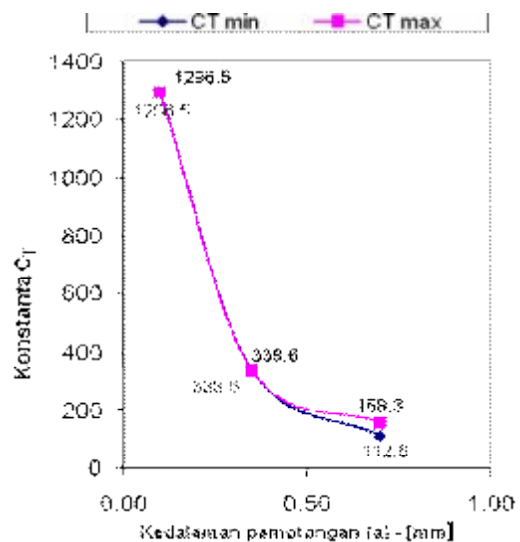
Gambar 4. Grafik Hubungan Keausan Tepi (V_B) terhadap Waktu Pemotongan (T)

Penentuan Harga Eksponen n dan Konstanta C_T dengan Rumus Taylor

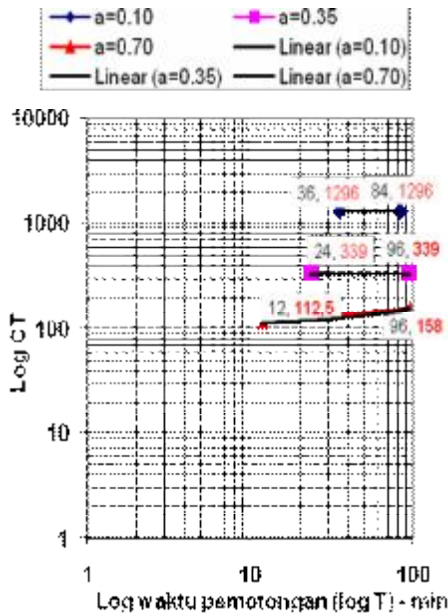
Umur pahat dapat ditentukan juga secara analisis empiris yakni salah satunya dengan menggunakan persamaan umur pahat Taylor $V.T^n = C_T$. Dari persamaan terlihat kombinasi antara kondisi pemotongan (kecepatan potong, V_c) dan umur pahat yang telah diperoleh dengan harga eksponen n dan konstanta C_T . Dari hasil pengujian umur pahat ini, setelah diperoleh umur pahat yang berbeda dari analisis pendekatan secara grafis dapat ditentukan harga eksponen (n) dan konstanta (C_T) dari rumus Taylor dengan metoda grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Harga eksponen n merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja, dan konstanta C_T dipengaruhi oleh geometri pahat, kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batas keausan ≤ 0.3 mm.

Pada gambar 6, harga eksponen n dan konstanta C_T dari hasil pengujian juga dapat diperoleh dengan memplot data pada grafik dengan menggunakan skala doble logaritma dimana harga eksponen n diperoleh dari kemiringan grafik dimana $n = \tan \alpha$ atau perbandingan nilai y/x .

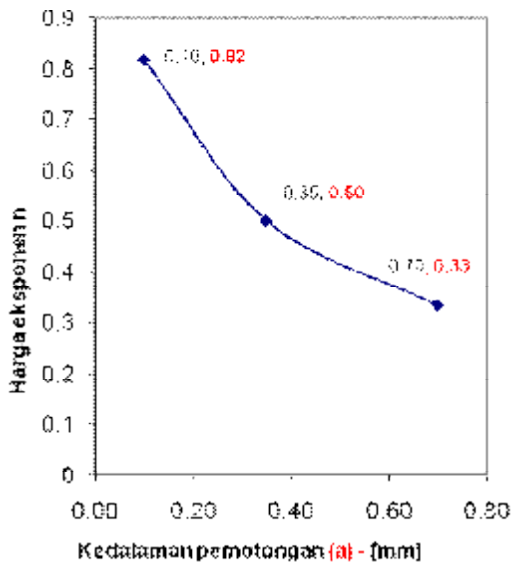
Konstanta C_T dapat diperoleh dengan ekstrapolasi n pada $T = 1$ menit yang merupakan perpanjangan garis linear n . Dari analisis tersebut akan diperoleh harga eksponen n dan konstanta C_T . Hasil pengujian umur pahat Karbida pada penelitian ini diperoleh harga eksponen $n = 0.3$ dan konstanta $C_T = 112.5723$, untuk $V_c = 69.12$ m/menit (maks), dan $C_T = 158.2453$, untuk $V_c = 34.56$ m/menit (min), sehingga persamaan Taylor $V.T^{0.3} = 112.5723$ dan 158.2453 , harga tersebut ditunjukkan pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 5. Grafik Hubungan Harga C_T terhadap Kedalaman Potong (a)



Gambar 6. Grafik Hubungan Log C_T terhadap Log Waktu Pemotongan (T)



Gambar 7. Grafik hubungan Harga (n) terhadap Kedalaman Potong (a)

SIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat Karbida dengan benda kerja Aluminium T-6061 diperoleh harga eksponen n umur pahat = 0.3 dan konstanta

umur pahat $C_T = 112,5723$, sehingga pada kondisi pemotongan optimum $V_c = 69.12$ m/menit, umur terpendek (T_c) = 12 menit, $a = 0.70$ mm dan $C_T = 158,2453$, kondisi pemotongan minimum $V_c = 34.56$ m/menit, umur terlama (T_c) = 96 menit, $a = 0.70$ mm. Pada Kecepatan Potong (V_c) tertentu dengan penambahan kedalaman potong (a) makin besar, mengakibatkan terjadinya kenaikan pertumbuhan keausan tepi pahat (V_B), sehingga umur pahat (T_c) akan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

Astakhov, V.P and J. Paulo, D , 2008, *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*, Machining Fundamentals and Resent Advance, XIV,361 pp.222,ISBN-978-1-84800-212-8.

Budiman, H & Richard, 2007, **Percobaan Menentukan Analisis Umur Dan Keausan Pahat Karbida Untuk Membubut Baja Paduan ASSAB 760, Dengan Metoda Variable Speed Machining Test**, Jurnal Teknik Mesin Vol 9 No.1 1 April 2007, pp .31-39.

Dolinsek, B, J. Kopac, 2006, *Mechanism and Type of Tool Wear Particularities in Advanced Cutting Materials*, Journal AMME, Vol. 19 Issue 1.

Daryus, Asyari, 2007, **Alat Bantu dan Alat Ukur**, Universitas Persada Jakarta.

Jeon, J.U and S. W. Kim, 1988, *Optical Flank Wear Monitoring Of Cutting Tools Is by Image Processing*, Journal Department of Production Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Box 150, Chongyang, Seoul (Korea).

Kalpakjian S., 1995, *Manufacturing Engineering and Technology*, 3rd edition, New Jersey USA, Prentice Hall.

Molinari.A & Nouari, M., 2003, *Modeling of Tool Wear by Difussion in Metal Cutting*, Journal Wear Technology 252 , p.p. 135-149.

- Pawlik, A., et al., 2002, *Tool Life Experiment*, Journal Teknologi Process .pp. 149-156.
- Rochim, Taufiq, 1993, **Teori dan Teknologi Proses Pemesinan**, HEDS, Jurusan Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung.
- Rochim, Taufiq, 2007, **Buku 1 Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan**, MPE, FTI, Jurusan Mesin Institut Teknologi Bandung.
- Sandvik, Coromant, 2003, *Technical Information Tool Wear*, <http://www.coromant.sandvik.com/coromant/products/steelturning/pdf>. Accessed on . Dec 18th 2010.
- S.A. Jalali and W.J. Kolarik, 1990, *Tool Life And Machinability Models For Drilling Steel*, Journal Teknologi Process.pp. 111-120.
- Suherman, H, et al., 2006, **Pengaruh Kondisi Pemotongan Pahat Gurdi Terhadap Keausan Pahat, Dengan Menggunakan Baja Karbon Rendah (ST-37) Dan Pahat HSS, Untuk Menentukan Karakteristik Keausan Tepi Yang Dialami Pada Proses Gurdi**, Jurnal Teknik Mesin UBH Vol. 3.
- Taylor, F. M., 1907, *On the Art of Cutting Metals*, Trans. ASME, 28. pp. 31- 58.
- Walpole, et al., 1986, **Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan**, Penerbit ITB, Bandung.