

## ANALISIS UMUR DAN KEAUSAN PAHAT KARBIDA UNTUK MEMBUBUT ALUMINIUM 6061- T

**Sudjatmiko<sup>1</sup> Agus Suprpto<sup>2</sup> Rudy Soenoko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Program Magister dan Doktor UB Malang

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Program Magister dan Doktor UB Malang  
Jl. MT. Haryono 169 Malang, 0341- 571260

e-mail : <sup>1</sup>[djatitm@yahoo.com](mailto:djatitm@yahoo.com), <sup>2</sup>[agussuprpto@yahoo.com](mailto:agussuprpto@yahoo.com), <sup>3</sup>[rudysoen@yahoo.com](mailto:rudysoen@yahoo.com)

### Abstrak

Umur pahat merupakan suatu data pemesinan yang sangat penting dalam perencanaan pemesinan. Dalam penelitian ini dijelaskan menentukan umur dan keausan pahat karbida untuk membubut Aluminium 6061- T, pada proses pemesinan kering (*dry machining*) dengan metoda Variable speed Machining test, sehingga 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 umur pahat karbida (T) dengan kondisi pemotongan yang optimum, dan mengetahui karakteristik keausan pahat pada kondisi pemesinan kering. Berdasarkan penelitian dengan metoda grafik digunakan analisa percobaan, memperoleh nilai eksponen n ( $n=0.7$ ) dan konstanta umur Pahat Taylor  $C_T = 849$  (maks). Persamaan umur Pahat Taylor yang dihasilkan adalah  $VT^{0.7} = 849$ , umur pahat pada kecepatan potong tinggi  $V_c = 69,12$  m/menit, dengan waktu terpendek ( $t_c$ ) = 36 menit, dengan kedalaman potong ( $a$ ) = 0,1 mm. Pada kecepatan potong rendah  $V_c = 34,56$  m/menit, memperoleh nilai eksponen  $n = 0.7$  dan  $C_T = 844$ . Persamaan umur pahat Taylor  $VT^{0.7} = 844$ , waktu terlama ( $t_c$ ) = 60 menit, dengan kedalaman potong ( $a$ ) = 0,1 mm.

**Kata kunci: Pahat karbida, umur pahat, keausan pahat.**

### 1. 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 oleh 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  $V T^{0.378} = 379$ .

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

dan material benda kerja yang digunakan baja AISI 1148 untuk mendapatkan data umur dan kondisi pemesinan, variabel proses pemesinan dengan putaran spindle 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 oleh Suherman, H, et al, (2006) dengan menggunakan mesin Frais konvensional, menunjukkan umur dan keausan pahat HSS gundi 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.

Pada penelitian ini menindak lanjuti peneliti terdahulu ( Budiman, H & Richard, (2007), Pawlik, A, et,al, (2004) dan Suherman, H, et,al, (2006)), melakukan pengujian pemesinan dengan metoda Variable speed Machining test salah satu cara yang dilakukan oleh Taylor, dimana material benda kerja aluminium 6061- T dan pahat karbida. Pada penelitian

ini menggunakan mesin CNC TU-2A dengan kecepatan potong (Vc) yang bervariasi, kedalaman potong (a) divariasikan, sedangkan gerak makan (f) yang konstan, dengan proses pemesinan kering (*dry machining*).

Tujuan penelitian ini untuk menentukan umur pahat (T) karbida, menentukan kondisi yang optimum dan mengidentifikasi karakteristik keausan pahat Karbida. Manfaat umur pahat dan kondisi pemesinan yang diperoleh dapat digunakan sebagai data dalam proses manufaktur dan pengembangan akademik.

**2. Metodologi Penelitian**

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. (Vc) dan kedalaman potong.. persamaan Umur Pahat Taylor diperoleh harga eksponen n dan konstanta C<sub>T</sub>. Analisa pengujian ini dilakukan dengan metode grafik. Objek Penelitian Objek penelitian yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah:(a). Menganalisa keausan tepi (V<sub>B</sub>) dan keausan kawah (K<sub>T</sub>) terhadap umur pahat, (b). Pengaruh kecepatan potong yang bervariasi terhadap umur pahat.

**2.1 Variabel Proses Pemesinan dan Nilainya**

**Variabel bebas** adalah variabel yang besarnya dapat ditetapkan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Pada penelitian ini sebagai variabel bebasnya adalah : Kecepatan potong ; V (m/min) Gerak makan; f (mm/put) konstan, Kedalaman Potong, a (mm), seperti yang disajikan pada tabel 1.

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

n(Rpm)	Kecepatan potong (Vc) (m/menit)	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	34,46	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.

**2.2 Material dan pahat yang digunakan**

**a. Tabel 2. Dimensi material yang digunakan**

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

**b. Pahat potong yang digunakan**

- Pahat karbida sisipan (*Insert Tool Cemented Carbide*), kode : **S60T04**
- Pemegang pahat (*Tool holder*) dengan type **SDJCR1210 D 07**

**2.3 Peralatan yang digunakan**

1. Mesin Bubut TU CNC -2A untuk proses pemesinan
2. *Stop Watch* sebagai pencatat waktu pemesinan
3. *Tachometer* sebagai pengukur kecepatan spindel
4. Jangka Sorong sebagai pengukur dimensi benda kerja
5. *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function- Merk Dino-lite*, untuk pemotretan Pahat keausan pahat
6. Perangkat lunak (PC) untuk mengkonvert ke poin (5) yang menghasilkan data.

**2.4 Metoda Pengukuran Keausan Pahat**

Pengukuran yang dilakukan yaitu keausan tepi (*flank wear*), keausan kawah (*crater wear*), ujung pahat (*nose*) menggunakan *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function- Merk Dino-lite* dengan pembesaran 500 X dengan resolusinya diambil 1280 x 1024. Pemotretan dilakukan dengan *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function* yang dikonvert ke perangkat lunak (PC) grafis komersial dengan tahapan berikut:

- a. Sisi potong pahat (*cutting edge*) dan sisi atas terlebih dahulu dibersihkan dengan tujuan untuk menghilangkan serpihan geram yang menempel pada pahat menggunakan larutan alkohol.
- b. Spesimen ditempatkan pada dudukan ragam di meja kerja mesin TU CNC-3A
- c. *Digital Microscope* ditempatkan pada dudukan spindel vertikal (Z) di mesin TU CNC - 3A yang dapat digerakkan pada 3 arah sumbu koordinat (x, y, dan z).
- d. Melakukan pengambilan gambar keausan yang terjadi pada pahat poin (b) dan poin (c), yang dikonvert ke perangkat lunak (PC) [Auto CAD 2006], sehingga menghasilkan parameter angka keausan tepi (V<sub>B</sub>) dan kawah (K<sub>T</sub>) yang akurat.

**3. Prosedur Penelitian**

1. Pengujian awal untuk verifikasi dan penentuan range level variabel proses pemesinan.
2. Menyiapkan Setting data proses pembubutan (Insert tool, Stop watch, Tachometer, alat ukur)
3. Menyiapkan material Aluminium 6061-T dengan (L) panjang = 100 mm, (φ) diameter = 22 mm
4. Melakukan proses pembubutan dengan panjang (Lp) pembubutan = 60 mm dan sesuai dengan variabel yang ditentukan (atau 80 kali langkah)

5. Penghentian proses pembubutan untuk mengukur waktu pemotongan ( $t_c$ ) dan keausan ( $V_B$ ).
6. Langkah 4. dan 5. tersebut dilakukan sampai pahat mencapai batas kriteria keausan yaitu pada  $V_B \leq 0,3$  mm atau lebih pada  $t_{cn}$ , dengan *Digital Microscope Tips of Using Measurement Function*
7. Mengklasifikasikan nilai keausan pahat ( $V_B$ ) dari setiap kombinasi kondisi pemesinan.
8. Membuat pembahasan dan kesimpulan hasil penelitian.

**4. Hasil dan Pembahasan**

Dari penelitian pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kondisi pemesinan yang member umur pahat yang optimal dari pahat karbida dengan memvariasikan kecepatan potong menjadi 3 tingkatan.

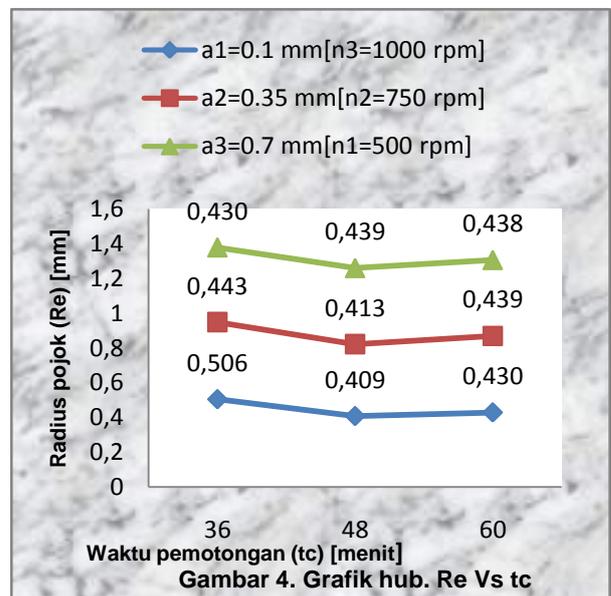
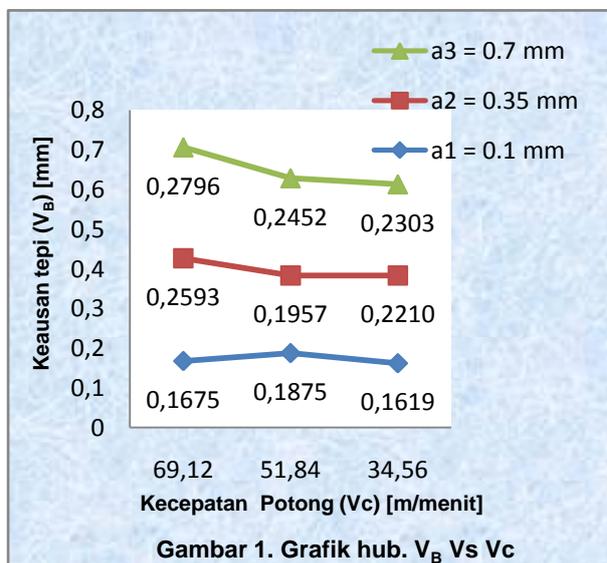
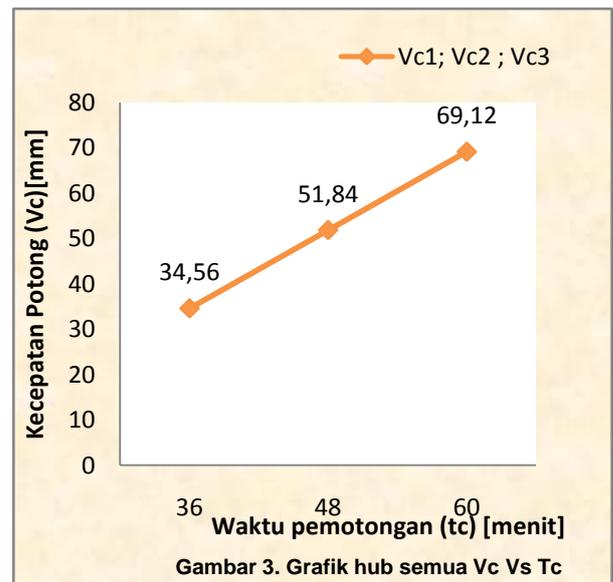
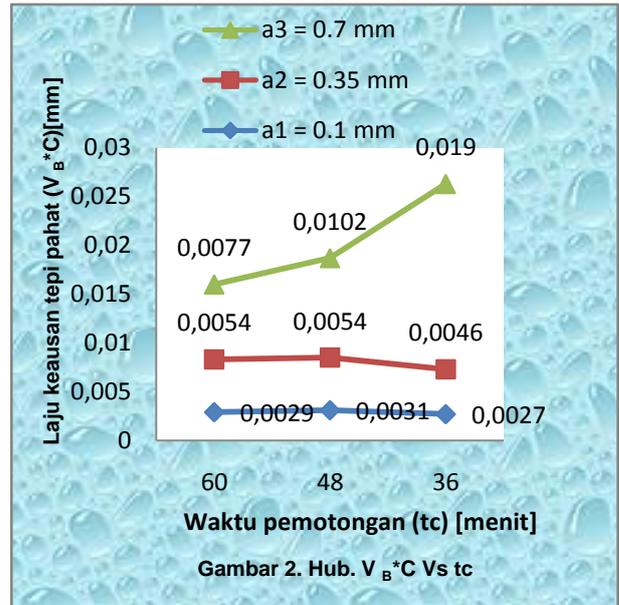
**4.1 Keausan tepi (VB) dan Umur pahat (T)**

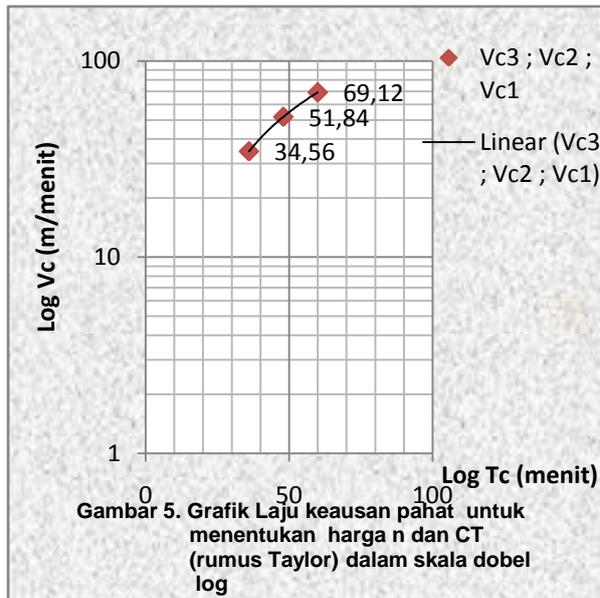
Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan ( $t_c$ ) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ( $VB \leq 0,3$  mm). Pertumbuhan keausan pahat pada kecepatan potong yang berbeda sampai kritis keausan pahat karbida.

**Tabel 3. Data hasil pengujian**

n *	a(mm)	tc(menit)	VB(mm)	VBC**	Tc(menit)	Re(mm)
1000	0.10	60	0.1675	0.0029	37	0.506
	0.35	48	0.2593	0.0054	33	0.443
	0.70	36	0.2796	0.0077	24	0.439
750	0.10	60	0.1875	0.0031	19,2	0.409
	0.35	36	0.1957	0.0054	3,6	0.413
	0.70	24	0.2452	0.0102	17	0.413
500	0.10	60	0.1619	0.0027	7,2	0.430
	0.35	48	0.2210	0.0046	25	0.459
	0.70	12	0.2303	0.0190	5,2	0.438

Catatan :  
 $V_B$  = keausan tepi (mm)  
 $V_B C^{**}$  = laju keausan (mm/menit)  
 $t_c$  = waktu pemotongan (menit)  
 $T_c$  = Umur pahat (menit)  
 $Re$  = radius pojok pahat (mm)  
 $n^*$  = putaran spindle mesin bubut CNC ( Rpm)





**4.2 Keausan Tepi ( $V_B$ ) Pahat Karbida**

Keausan tepi terjadi pada bidang utama/mayor, dan pengukuran keausan tepi ( $V_B$ ) dilakukan dengan mengukur panjang  $V_B$ , yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong pahat di dekatnya dijadikan referensi) sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama. Batas keausan tepi untuk pahat Karbida dengan material benda kerja Alumunium 6061-T adalah sebesar  $\leq 0.3$  mm, dalam penelitian ini kriteria saat berakhirnya umur.

**4.3 Pengaruh Kondisi Pemotongan**

Dari grafik laju keausan tepi ( $V_B$ ) pahat (Gambar 1) 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 0,1675 mm untuk kedalaman potong ( $a$ ) 0,1 mm, dengan waktu ( $t_c$ ) 60 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 0.2796 mm  $\leq 0,3$  mm (yang ditetapkan), dengan waktu ( $t_c$ ) 36 menit, pada gambar 4 nampak pengaruh perubahan radius pojok ( $R_e$ ) mm terhadap waktu pemotongan ( $t_c$ ), radius pojok makin membesar pada kondisi  $n_3$  (1000 rpm) pada kedalaman potong ( $a$ ) = 0,1 mm (gambar 4).

**4.4 Umur Pahat (T)**

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan ( $t_c$ ) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ( $V_B$  maks  $\leq 0,3$  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 dan juga dapat diperkirakan dengan menggunakan metoda interpolasi data seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Berdasarkan grafik umur pahat yang ditunjukkan gambar 2, terlihat bahwa dengan meningkatnya waktu pemotongan ( $t_c$ ) maka laju keausan pahat ( $V_B \cdot C$ ) akan meningkat juga dan umur pahat ( $T_c$ ) akan menurun (gambar 2 dan tabel 3), bahwa umur pahat yang paling lama terjadi pada kecepatan potong rendah ( $V_c = 34.56$  m/menit) yaitu ( $T_c$ ) 25 menit dan umur pahat yang paling pendek terjadi pada kecepatan potong yang tinggi ( $V_c = 69.12$  m/menit) yaitu ( $T_c$ ) 24 menit.

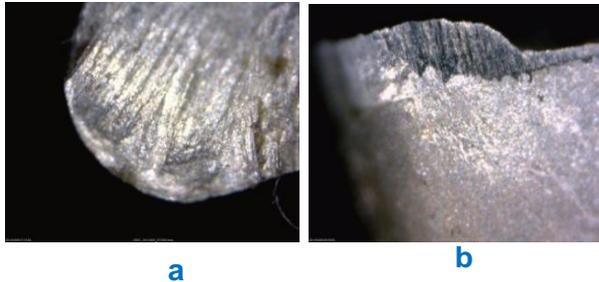
**4.5 Penentuan Harga Eksponen  $n$  dan Konstanta  $C_T$  dengan Rumus Taylor**

Umur pahat dapat ditentukan juga secara analisi Empiris yakni salah satunya dengan menggunakan persamaan umur pahat Taylor  $V \cdot T^n = C_T$ . 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 yakni Analisis Garis Regresi seperti terlihat 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 maksimum  $\leq 0.3$  mm. 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  $y/x$ . Dan 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  $n = 0.7$  dan konstanta  $C_T = 849$  (maks) untuk  $V_c = 69.12$  m/menit dan  $C_T = 844$  (min) untuk  $V_c = 34.56$  m/menit, sehingga persamaan Taylor  $V \cdot T^{0.7} = 849$  dan 844.

**4.6 Karakteristik Keausan Pahat Karbida**

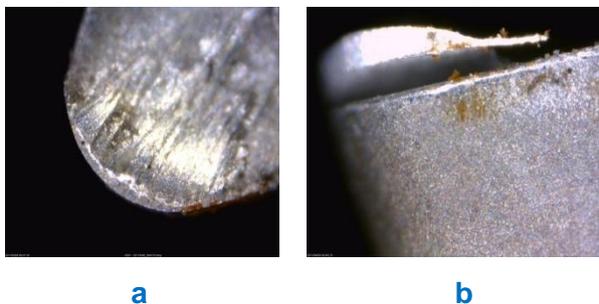
1. Untuk  $V_c = 34.56$  m/menit, pada kecepatan ini keausan yang terjadi disebabkan oleh proses abrasif yang terjadi karena pengaruh gesekan antara geram dengan bidang geram dan bidang utama pahat. Proses abrasif ini terus membesar baik pada bidang utama pahat ( $A\alpha$ ) maupun pada bidang geram ( $A\gamma$ ). Pada bidang utama proses abrasif ini akan menjadi keausan tepi ( $V_B$ ) sedangkan pada bidang geram akan membuat permukaan bidang geram akan bertambah kasar. Akibatnya semakin lama pahat akan mengalami keausan yang ditandai dengan permukaan benda kerja yang dipotong bertambah kasar, gaya pemotongan

yang terjadi bertambah besar yang ditandai dengan bunyi pada mesin yang bertambah keras. Keausan akibat proses abrasif ini akan terus berkembang sampai mencapai batas kritis keausan pahat (lihat gambar 5 a,b).



**Gambar 5.** (a) Mekanisme Abrasif pada Bidang Geram ( $A\gamma$ ), (b). Mekanisme Abrasif Pada Bidang Utama ( $A\alpha$ )

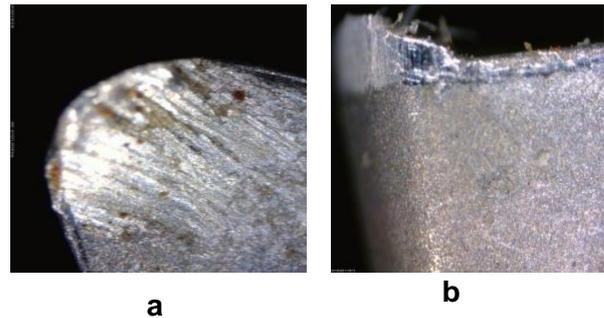
2. Untuk  $V_c = 51.84$  m/menit, pada kecepatan ini keausan yang disebabkan oleh proses abrasif terbentuk lebih cepat dan lebih besar sehingga keausan tepi yang terjadi lebih cepat mencapai batas kritis. Pada kecepatan ini besarnya keausan tepi yang terbentuk ditandai dengan permukaan bidang utama pahat lebih kasar. Keausan ini disebabkan oleh gesekan antara aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Hal ini dapat kita lihat dengan menggunakan mikroskop optik (lihat gambar 6 a dan b). Selain proses abrasif, keausan yang terjadi pada kecepatan ini juga disebabkan oleh adanya gaya adhesi.



**Gambar 6.** (a) Keausan Kawah Akibat Mekanisme Adhesi (b) Mekanisme BUE yang disebabkan Mekanisme Adhesi.

Gaya adhesi ini akan mengakibatkan penumpukan metal pada mata potong yang terkenal dengan nama BUE (Built Up Edge). BUE terbentuk sangat besar dan lebih cepat pada mata potong.

3. Untuk  $V_c = 69.12$  m/menit, pada kecepatan ini keausan yang terjadi lebih kompleks dimana keausan yang terjadi disebabkan oleh proses abrasif, kimiawi dan adhesi. Pada awal pemotongan mata potong pahat terlihat seperti terbakar dan menimbulkan bunyi yang keras pada mesin. Proses pemotongan ini sangat kimiawi aktif dimana material benda kerja yang baru saja terpotong langsung menempel pada bidang geram dan bidang utama pahat didekat mata potong.



**Gambar 7.** (a). Bidang Geram ( $A\gamma$ ), (b) Bidang utama ( $A\alpha$ )

Akibat adanya gaya adhesi maka BUE yang terbentuk sangat besar. Pada kecepatan inilah keausan tepi dan penumpukan metal pada mata potong (BUE) terbentuk lebih cepat hingga mencapai batas kritis keausan tepi maksimal. Dalam penelitian ini, mekanisme deformasi akibat beban tekan terjadi pada kecepatan potong. Di samping itu pada kecepatan potong yang tinggi, keausan kawah yang terjadi lebih besar.

## 5. Kesimpulan

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

1. Pada Kecepatan Potong tertentu dengan penambahan kedalaman potong makin besar, mengakibatkan terjadinya kenaikan keausan tepi pahat sehingga umur pahat akan menurun.
2. Persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat Karbida dengan benda kerja Aluminium – 6061-T diperoleh harga eksponen  $n = 0.7$  dan konstanta  $C_T = 849$ . Sehingga persamaan umur pahat Taylor adalah  $V.T^n = C_T \leftrightarrow V.T^{0.7} = 849$  (maks) dan  $C_T = 844$  (min)
3. Kenaikan kecepatan potong ( $V_c$ ) akan mempercepat terjadinya keausan tepi pahat ( $V_B$ ), sehingga umur pahat akan menurun. Dan pada kecepatan potong yang sama pertumbuhan keausan tepi ( $V_B$ ) akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan.
4. Semakin lama pahat dipergunakan, maka akan mengalami keausan yang ditandai dengan radius pojok membesar atau permukaan benda kerja yang dipotong bertambah kasar, akibat adanya gaya pemotongan yang terjadi bertambah besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astakhov, V.P and J.Paulo, D., (2008): *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear. Machining Fundamentals and Recent Advance*, XIV, 361 pp. 222, ISBN-978-1-84800-212-8.
- Budiman, H & Richard. (2007): *Percobaan Menentukan Analisis umur dan keausan pahat karbida untuk membusut 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.
- 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*. 3<sup>rd</sup>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 Techologi 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.
- 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.





















