

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Keausan pahat adalah kerusakan pada permukaan pahat yang berupa hilangnya sebagian material yang diakibatkan oleh gesekan antara pahat dan benda kerja. Pada pengertian yang lebih luas, keausan adalah kerusakan permukaan atau kontak material dari satu atau dua permukaan secara relative sliding, rolling atau gerakan yang datang menghentak (*impact motion*).

Berikut ini pengelompokan beberapa penelitian tentang keausan pahat berdasarkan parameter pengujian :

1. Material Spesimen yang diuji.

Makmur (2010) menggunakan bahan benda kerja baja amutit K 460. Prasetyo dkk (2015) menggunakan bahan benda kerja baja ST37. Budiman dkk (2007) menggunakan bahan benda kerja baja paduan (ASSAB 760).

2. Parameter kecepatan potong.

Pada penelitian Makmur (2010) menggunakan kecepatan potong ( $V_c$ ) yang bervariasi. Dari  $V_c = 44$  m/min,  $32$  m/min,  $24$  m/min dan ( $T$ ) = 5,71 menit, ( $T$ ) = 14,13 menit dan ( $T$ ) = 29,31 menit. Secara teoritis kondisi proses pembubutan dengan pahat HSS dengan menggunakan persamaan Taylor  $T = (81,10^2/V)^{1/n}$ , kecepatan potong ( $V_c$ ) = 44 m/min, ( $V_c$ ) = 32 m/min,  $V_c = 24$  m/min dan untuk umur pahat ( $T$ ) = 5,80 menit, ( $T$ ) = 13,70, ( $T$ ) = 29,77 menit. Perbedaan umur pahat hasil dari pengujian dan teoritis tidak terlalu besar. Dapat disimpulkan semakin kecil nilai  $V_c$  maka semakin panjang umur pahat dan semakin pendek umur pahat semakin tinggi nilai  $V_c$ .

Prasetyo dkk (2015) menggunakan kecepatan potong  $V_c = 20,72$  m/min dengan kedalaman potong, putaran mesin dan gerak makan yang konstan yang masing masingnya adalah  $a$  (mm) = 0,3 mm,  $n$  (rpm) = 330 rpm dan  $f$  (mm/s) = 0,037 mm/s.

Pada penelitian Budiman dkk (2007). Menggunakan kecepatan potong yang bervariasi diantaranya  $V_c = 170,816$  m/min,  $120,576$  m/min,  $80,384$  m/min,  $54,259$  m/min dengan gerak makan (f) konstan yaitu  $0,2$  mm da kedalaman makan (a) konstan yaitu  $0,5$  mm.

### 3. Parameter panjang pembubutan

Makmur (2010) pada penelitian ini menggunakan 6 benda kerja eksperimen yang menggunakan baja amutit 460 yang masing masing benda kerja memiliki panjang yang bervariasi. 1 =  $50240$  mm, 2 =  $100480$  mm, 3 =  $150720$ , 4 =  $200960$ , 5 =  $251200$ , 6 =  $301440$ .

Prasetyo dkk (2015) pada penelitian menggunakan 1 benda kerja eksperimen yang menggunakan baja ST37 dengan ukuran diameter  $20$  mm dengan panjang  $500$  mm.

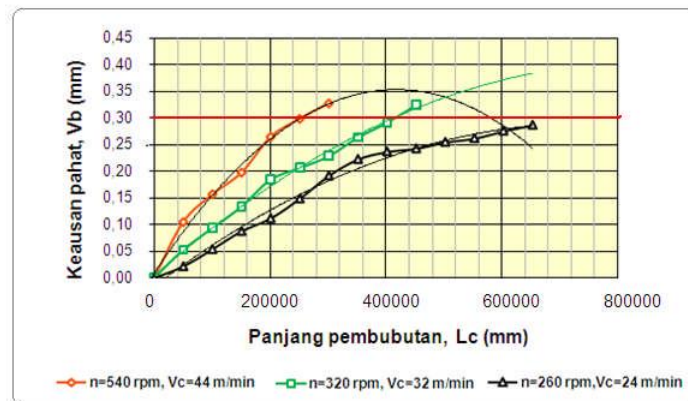
hendri budiman dan richard (2007). Pada penelitian ini menggunakan benda kerja baja paduan (ASSAB 760) dengan diameter benda kerja  $30$  mm dan panjang pemesinan  $300$  mm.

### 4. Analisis umur keausan pahat

Makmur (2010) pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur keausan pahat adalah menggunakan *profil proyektoryang* hasilnya berupa *point out*. Prasetyo dkk (2015). Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur keausan pahat adalah menggunakan *microskop*. Budiman dkk (2007). Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk mengukur keausan pahat adalah menggunakan *Toolmaker Microscope*.

Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan ada beberapa pengujian yaitu panjang laju umur pahat, keausan dan umur pahat pada kecepatan potong, kekasaran permukaan dan keausan pahat potong. Berikut adalah hasil dari beberapa pengujian dari penelitian penelitian sebelumnya.

1. Panjang keausan pahat, Makmur (2010).

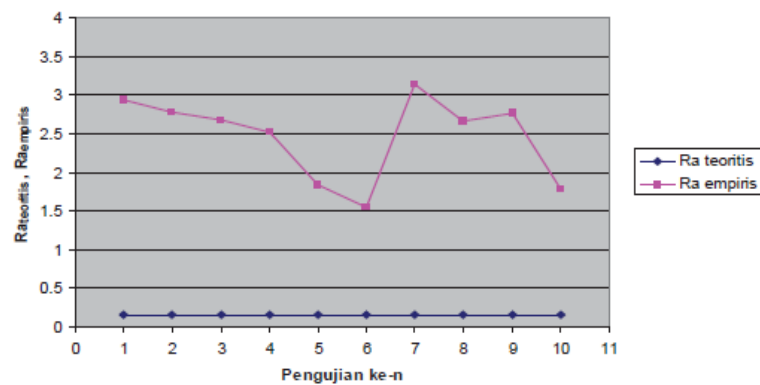


Gambar 2.1 Grafik laju umur pahat terhadap panjang pembubutan.

Umur pahat bubut jenis High SpeedSteels (HSS) yang digunakan padapengujian ini dengan kecepatan potong( $V_c$ ) yang bervariasi untuk  $V_c = 44\text{m/min}$  umur pahat ( $V_b$ ) = 0,3 mm,waktu pembubutan ( $T$ ) = 5,71 menit,  $V_c = 32\text{ m/min}$  umur pahat ( $V_b$ ) = 0,3 mm, waktu pembubutan ( $T$ ) = 14,13 menitdan  $V_c = 24\text{ m/min}$  umur pahat ( $V_b$ ) = 0,3 , waktu pembubutan ( $T$ )=29,31 menit.

2. Kekasaran permukaan

Prasetyo dkk (2015).Pada penelitian ini menggunakan baja ST37 dengan ukuran diameter 20 mm panjang 500 mm dengan jumlah pengujiannya adalah 10 spesiment.



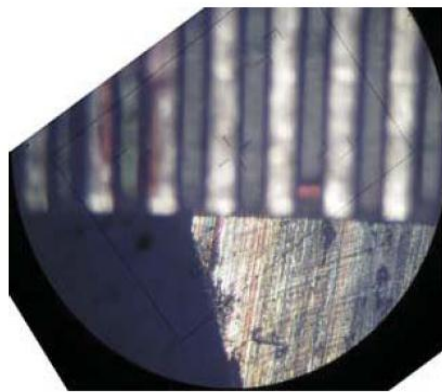
Gambar 2.2 Grafik Ra teoritis vz Ra empiris pada pengujian per 1cm

(Sumber : Prasetyo dkk, 2015)

Kekasaran yang dipengaruhi oleh geometri pahat potong yang sering disebut kekasaran permukaan ideal atau teoritis. Dari gambar 2.10 untuk material ST37 didapat nilai  $Ra_{teoritis}$  lebih halus dibanding dengan  $Ra_{empiris}$ . Dari 1 cm pengujian  $Ra_{empiris}$  didapat hasil yang tidak stabil, terutama pada pengujian pertama dan ketujuh yang mempunyai nilai kekerasan paling besar. Karena pada pengujian pertama terdapat beban kejut yang besar setiap awal proses pengujian. Sedangkan pada pengujian ketujuh mulai terbentuknya radius pada pahat potong.

### 3. Keausan pahat potong HSS (*high speed steels*)

Prasetyo dkk(2015). Pada pengujian keausan pahat potong ini dengan menggunakan alat mikroskop dan kertas semiblok untuk membantu pembacaan pengukuran dimensi pahat potong. Pengujian dilakukan secara kontinu tiap benda uji sebanyak 10 sampel. Hasil pengukuran dimensi pada ujung pahat potong adalah sebesar 1,2 mm.



Gambar. 2.3 Bentuk sudut pahat potong sebelum mengalami keausan.

(Sumber : Prasetyo dkk, 2015)



Gambar 2.4 Bentuk sudut potong setelah mengalami keausan

(Sumber : Prasetyo dkk, 2015)

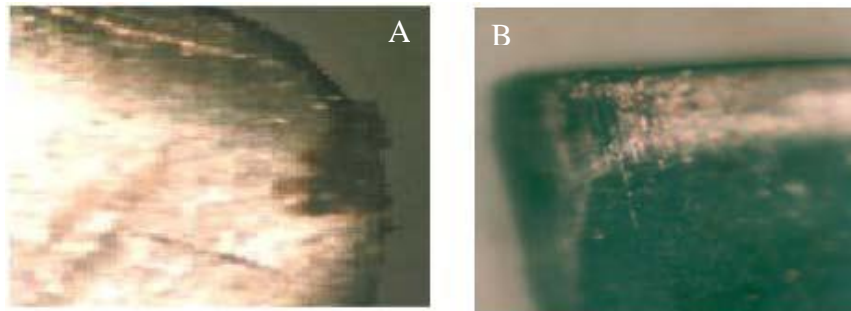
#### 4. Keausan pahat karbida

Budiman dkk (2007). Dalam pengujian ini variabel yang ditentukan adalah kecepatan potong dengan cara memilih tingkatan untuk masing masing daerah kecepatan potong rendah, sedang dan tinggi. Alat yang digunakan untuk mengukur keausan tepi pahat adalah *mitutoyo toolmaker microscope*. Material benda kerja adalah baja paduan (ASSAB 760) dengan komposisi C = 0,5-0,3%, Mn = 0,6%, P = 0,04%, S = 0,04%, kekerasannya 200 BHN dengan diameter benda kerja 30 mm dan panjang pemesinan 300 mm.

(Sumber : Budiman dkk,2007)

Tabel 2.1 Data hasil pengujian pahat karbida

pahat	$n$ (rpm)	Vc (m/min)	a total (mm)	tc (min)	Vb (mm)	T (min)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Tingkat Kekasaran (ISO Standard)
1	1700	170,816	18,5	15,096	0,2125	14,756	0,8	N6 (Normal)
2	1200	120,576	19,5	22,698	0,215	22,1	1,2	N7 (Normal)
3	800	80,384	22	54,868	0,2225	53,746	2,0	N8 (Normal)
4	540	54,259	36	142,128	0,225	140,33	3,2	N8 (Normal)



Gambar 2.5 (a) Mekanisme Abrasif pada bidang geram.

(b) Mekanisme abrasif pada bidang utama.

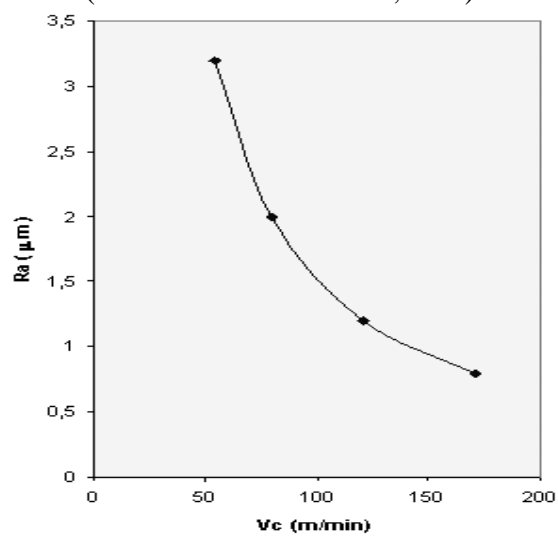
(Sumber : Budiman dkk,2007)



Gambar 2.6 (a) keausan kawah akibat mekanisme adhesi

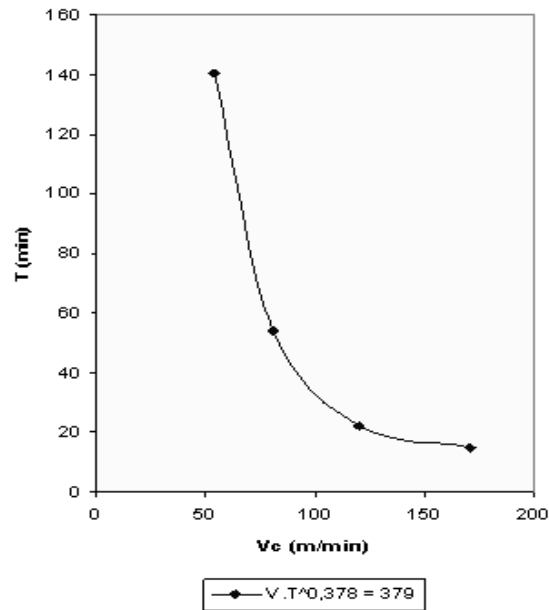
(b) Mekanisme BUE yang disebabkan mekanisme adhesi

(Sumber : Budiman dkk,2007)



Gambar 2.7 Grafik kekasaran permukaan untuk setiap kecepatan potong.

(Sumber : Budiman dkk,2007)



Gambar 2.8 grafik umur pahat untuk Setiap kecepatan potong.

(Sumber : Budiman dkk,2007)

Berdasarkan grafik keausan pahat yang ditunjukkan gambar 2.10, untuk kecepatan potong yang berbeda tampak bahwa setiap pahat memiliki kecenderungan yang hampir sama. Pada saat digunakan keausan tepi mulai tumbuh cepat kemudian diikuti dengan garis linier. Laju keausan meningkat dengan seiring meningkatnya kecepatan potong. Dari gambar tersebut terlihat laju keausan lebih cepat terjadi pada  $V_c = 170,816$  m/min dan paling lambat pada  $V_c = 54,259$  m/min. Hal ini disebabkan kenaikan gaya potong, besarnya gaya pemotongan akan memberikan tekanan yang besar pada pahat sehingga temperatur meningkat karena seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui gesekan antara geram dengan pahat dan antara pahat dengan benda kerja.

Makmur (2010) menyimpulkan bahwa umur pahat bubut jenis *high speed steels* (HSS) yang digunakan pada pengujian ini terdapat Perbedaan umur pahat dari hasil pengujian dan teoritis tidak terlalu besar. Dapat disimpulkan semakin kecil nilai  $V_c$  maka semakin panjang umur pahat dan semakin pendek umur pahat semakin tinggi nilai  $V_c$ .

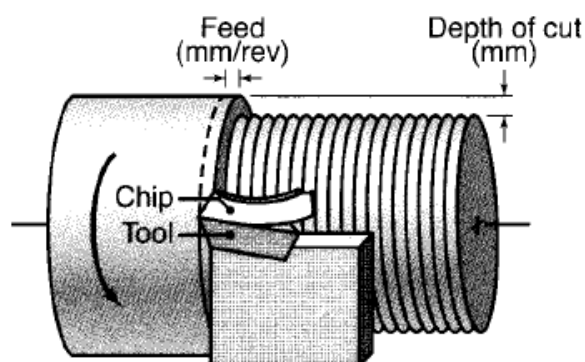
Prasetyo dkk (2015) menyimpulkan bahwa nilai keausan dan nilai kekasaran permukaan bertolak belakang. Karena nilai keausan yang besar mempunyai nilai kekerasan yang kecil. Hal ini disebabkan pada sudut potong utama pahat sudah mulai membentuk radius.

Budiman dkk (2007) menyimpulkan bahwa Pada gerak makan tertentu dengan penambahan kecepatan potong juga mengakibatkan terjadinya kenaikan keausan tepi pahat sehingga umur pahat akan menurun. Kenaikan kecepatan potong ( $V_c$ ) akan mempercepat terjadinya keausan tepi pahat (VB), sehingga umur pahat akan menurun. Semakin lama pahat kita gunakan maka akan mengalami keausan yang ditandai dengan permukaan benda kerja yang dipotong bertambah kasar, gaya pemotongan yang terjadi bertambah besar.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Proses Pembubutan (*Turning*)

Proses pembubutan adalah merupakan proses perubahan bentuk material dan ukuran benda kerja dengan jalan menyayat benda kerja tersebut dengan suatu pahat penyayat (Rochim, 1993). Posisi benda kerja dicekam pada *chuck* dan berputar sesuai dengan sumbu mesin dan pahat diam bergerak ke kanan atau ke kiri searah dengan sumbu mesin bubut menyayat benda kerja.

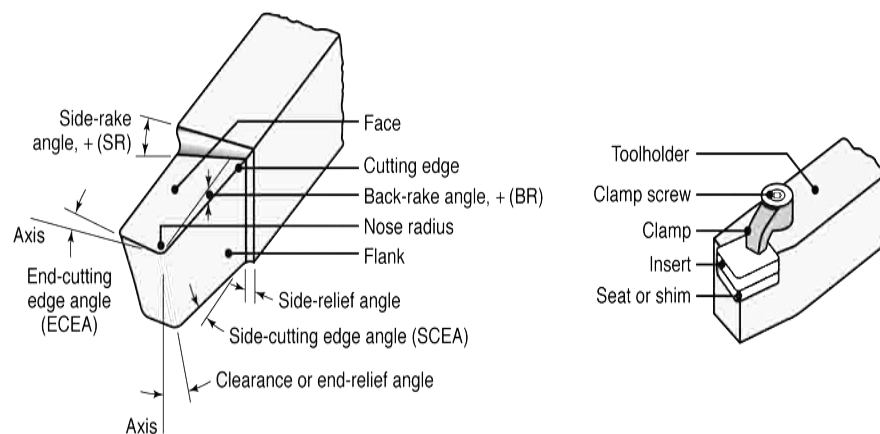


(Sumber :Kalpakjia.Sdan Schmid,S.2009.)

Gambar 2.9 Pembubutan



Pada proses mekanismenya, mesin bubut menggunakan energy listrik untuk menggerakkan motor. Motor ini merubah energy listrik menjadi gerak putar. Putaran yang dihasilkan akan menggerakkan kepala tetap (*chuck*). Putaran yang timbul ini digunakan untuk menimbulkan gaya potong pada proses pembubutan. Selama proses pembubutan berlangsung maka benda kerja akan berputar sehingga profil benda kerja yang dihasilkan juga akan berbentuk silinder, baik silinder pejal maupun silinder tabung.



Sumber : TaufiqRochim (1993)

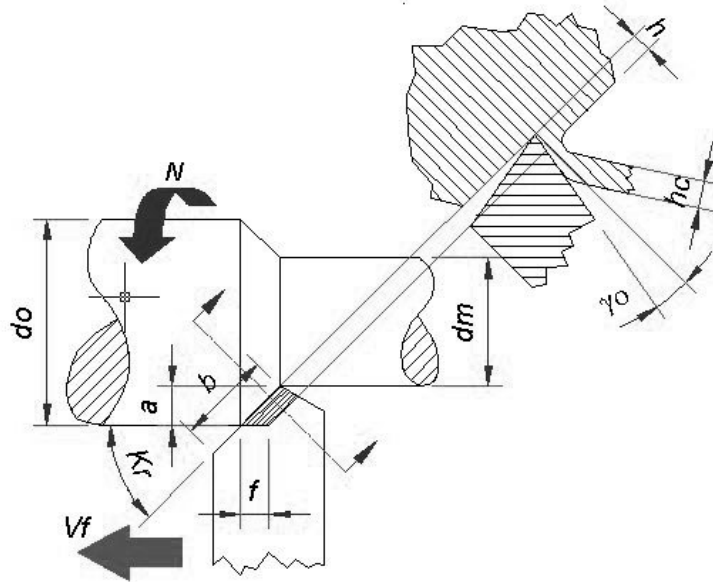
Gambar 2.10 Bentuk pahat kanan

### 2.2.3 Kondisi Pemesinan

Menurut (Rochim,1993), Pada setiap proses pemesinan ada lima elemen dasar yang perlu dipahami, yaitu :

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| a. Kecepatan makan ( <i>feeding speed</i> )               | : $V_f$ (mm/min)               |
| b. Kecepatan potong ( <i>cutting speed</i> )              | : $V$ (m/min)                  |
| c. Waktu pemotongan ( <i>depth of cut</i> )               | : $t_c$ (min)                  |
| d. Kedalaman pemotongan ( <i>cutting time</i> )           | : $a$ (mm)                     |
| e. Laju pembuangan geram ( <i>material removal rate</i> ) | : $MRR$ (cm <sup>3</sup> /min) |

Elemen dasar pada proses pembubutan dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan pada Gambar 2.14 berikut ini :



Sumber :Taufiq Rochim (1993)

Gambar 2.11 Proses pada pembubutan

Dimesi benda kerja:  $dm$  = diameter akhir (mm)

$l_t$  = panjang pemesinan (mm)

$do$  = diameter awal (mm)

dimensi pahat :  $\gamma_0$  = sudut geram ( $^\circ$ )

$kr$  = potong utama ( $^\circ$ )

kondisi pemesinan :  $a = \frac{do - dm}{2}$  (mm)

$a$  = kedalaman potong (mm)

$n$  = putaran poros utama (rpm)

$f$  = pemakanan (mm/putaran)

Dengan diketahui besaran – besaran diatas sehingga kondisi pemotongan dapat diperoleh sebagai berikut :

a. Kecepatan potong  $V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$  (m/min)

Dimana  $d$  = diameter rata – rata

$$d = \frac{d + dm}{2} \text{ (mm)}$$

- b. Laju pemakanan  $V_f = f.n$  (mm/min)
- c. Waktu pemotongan  $t_c = \frac{lt}{V_f}$  (min)
- d. Laju pembuangan geram  $MRR = A.V$  (cm<sup>3</sup>/min)
- Dimana  $A$  = penampang geram sebelum terpotong
- $$A = f.a$$
- (mm
- <sup>2</sup>
- )
- $$MRR = V.f.a$$
- (cm
- <sup>3</sup>
- /min)

#### 2.2.4 Material Pahat

Prinsip dasar pemesinan adalah kemampuan ketangguhan (*toughness*) pahat terhadap benda kerja. Banyak perkembangan pada bahan pahat guna meningkatkan kemampuan mesin dimana geometri dan bahan pahat. Pahat yang baik harus memiliki sifat – sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik (ukuran tepat) dan ekonomis (waktu yang diperlukan pendek). Kekerasan dan kekuatan pahat harus tetap bertahan meskipun pada temperatur tinggi, sifat ini dinamakan *hot hardness*.

Ketahanan aus sangat dibutuhkan yaitu ketahanan pahat melakukan pemotongan tanpa terjadi keausan yang cepat. Penentuan material pahat didasarkan pada jenis material benda kerja dan kondisi pemotongan (pengasaran, adanya beban kejut, penghalusan ).

Jenis – jenis pahat yang dipakai pada proses pemesinan adalah :

1. HSS (*high speed steel*)
2. Baja carbon (*high Carbon steel*)
3. Karbida (*Cemented Carbides*)
4. CBN (*Cubic Born Nitride*)
5. Paduan Cor nonferro (*Cast Nonferrus Alloys*)
6. Intan (*Sinteran Diamonds*)
7. Keramik (*Ceramics*)

Pada pahat HSS (*High Speed Steel*) ini merupakan baja paduan tinggi dengan beberapa komposisi paduan utama yaitu *Carbon*(C), *Tungsten*(w), *Molybdenum*(mo), *Kronium*(Cr), *Vanadium*(V), *Kobalt*(Co). Pahat ini memiliki kekerasan yang cukup tinggi 83–86 HRa ditambah dengan ketahanan abrasi yang tinggi dan harga pahat ini juga murah. selain itu, pahat ini juga sering digunakan pada proses pemesinan yang menggunakan bahan-bahan material seperti : *Aluminium*, *Baja Carbon*, kayu dan plastik.

(Sumber :Kalpakjia.S dan Schmid,S.2009.)

Tabel 2.2 Anjuran untuk kecepatan potong dalam pemesinan

Material benda kerja	Kecepatan potong (m/s)	
	HSS	WS
Aluminum alloys	3 - 4	5 - 7
Magnesium allyos	4	10
Copper alloys	0,5 - 2	1 - 5
Steels	0,5 - 1	1 - 3
Stainless steels	0,15 - 0,5	1 - 2
High - temperatur alloys	0,05 - 1	0,15 - 0,3
Titanium alloys	0,15 - 1	0,5 - 2
Cast irons	0,15 - 0,5	0,5 - 2

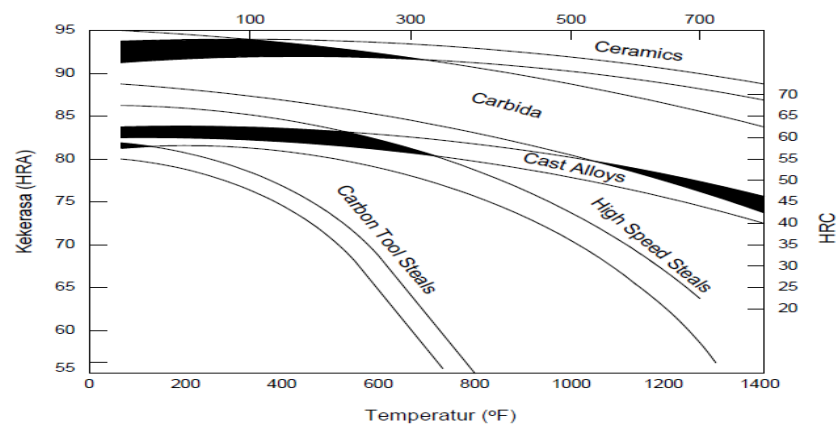
Tabel 2.3 Karakteristik umum material pahat *high speed steels* (HSS)

Properti	HSS ( <i>high speed steels</i> )
Hardness (HRB)	83 - 86
Cmpressive strength, (Mpa)	4100 - 4500
Transverse rupture strength, (Mpa)	2400 - 4800
Impact strength, (J)	1,35 - 8
Modulus of elasticity, (Gpa)	200

Density, (kg/m <sup>3</sup> )	8600
Volume of hard phase, (%)	7 – 15
Melting or decomposition temp, (°C)	1300
Thermal conductivity, (W/m.K)	30 – 50

Tabel 2.4 Anjuran umum untuk sudut potong dalam pemesinan

Material	HSS ( <i>High Speed Steel</i> )				
	Back Rake	Side rake	End relief	Side Relief	Side and end Cutting edge
Aluminium and Magnesium alloy	20	15	12	10	5
Copper alloys	5	10	8	8	5
Steels	10	12	5	5	15
Stainless steels	5	8 - 10	5	5	15
High – temperature alloys	0	10	5	5	15
Refractory alloy	0	20	5	5	5



(Sumber :Kalpakjia.S dan Schmid,S.2009.)

Gambar. 2.12 Tingkat kekerasan dan ketahanan aus pahat terhadap temperatur

### 2.2.5 Sifat Teknik Pada Bahan

*Aluminium* mempunyai sifat fisik dan mekanik.

#### 1. Sifat fisik *Aluminium*6061.

(Sumber:<http://asm.matweb.com>).

Tabel 2.5 Sifat Fisik *Aluminium*6061.

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, (Al), 13
Sifat Fisik	
Wujud	Padat
Massa jenis	0,0975 lb/in <sup>3</sup>
Titik lebur	529°C, 985°F
Titik didih	160°C, 350°F
Konduktifitas termal	167 W/m.K
Modulus elastisitas	68,9 Gpa
Kekerasan skala Brinell	95 Mpa
Kekerasan skala Vickers	107 Mpa

#### 2. Sifat Mekanik *Aluminium*6061.

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida dipermukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium.

### 3. Sifat Fisik *Stainlees Steel*.

(Sumber : AK Steel Corporation, 2007)

Tabel 2.8 Sifat Fisik *Stainlees Steel*

COMPOSITION	Type 304 %	Type 304L %
Carbon	0,08 max.	0,03 max.
Manganese	2,00 max.	2,00 max.
Phosphorus	0,045 max.	0,045 max.
Sulfur	0,030 max.	0,030 max.
Silicon	0,75 max.	0,75 max.
Chromium	18,00 – 20,00	18,0 – 20,0
Nickel	8,00 – 12,00	8,0 – 12,0
Nitrogen	0,10 max.	0,10 max.
Iron	Balance	Balance

### 4. Sifat mekanik *stainless steel 304*.

Material benda kerja stainless steel mempunyai daya tahan yang sangat tinggi terhadap korosi dan memiliki zat keras dan kuat. Stainless steel juga memiliki permeabilitas magnetis dan juga mampu mempertahankan kekuatan dan tahanan oksidasi. Material ini banyak digunakan di beberapa bidang baik di dalam bidang industri maupun di bidang – bidang lainnya.

#### 2.2.6 Keausan Pahat

Pada dasarnya kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi pada umumnya mulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan, diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan (jumlah waktu yang digunakan untuk proses pemotongan), dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi. Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat. (chapter II, repository.usu.ac.id. diakses 11 Juni 2017).

Dalam proses pemesinan (*turning*), keausan pahat bisa disebabkan dalam beberapa faktor yaitu temperatur yang dihasilkan karena timbulnya gesekan antara

pahat yang berkontak langsung pada material benda kerja. Keausan pahat juga tergantung pada jenis material pahat bubut yang digunakan, benda kerja yang dipilih, dan jenis fluida yang dipakai sebagai cairan pendingin (Kalpakjian,1980).

Pada Kondisi tekanan dan kontraksi pada permukaan benda kerja dan pahat, mempengaruhi keausan alat dan mekanisme keausan. Seluruh energi dari proses pemesinan ini diubah menjadi panas melalui kontak gesekan, pahat dengan benda kerja dan antara geram dengan pahat. sebagian panas terbawa oleh geram yang dihasilkan, sebagian disalurkan ke pahat dan sebagiannya lagi di salurkan ke benda kerja menuju sekeliling permukaannya.(Zaenal Abidin,2010).

(Sumber :Kalpakjia.Sdan Schmid,S.2009)

Tabel 2.7 Batas keausan pahat yang diizinkan

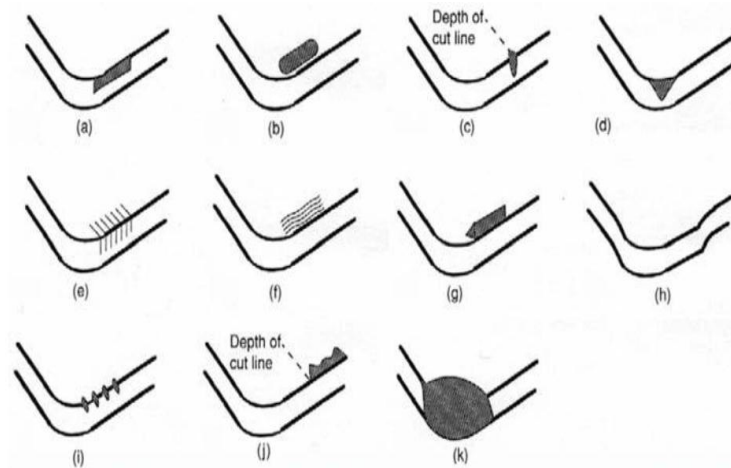
Operation	Keausan pahat yang diizinkan (mm)	
	High speed steel tools	Carbide tools
Turning	1,5	0,4
Face milling	1,5	0,4
End milling	0,3	0,3
Drilling	0,4	0,4
Reaming	0,15	0,15

### 2.2.7 Macam – Macam Keausan Pada Pahat

Tipe keausan berikut diidentifikasi pada alat potong titik tunggal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15:

- a) Keausan Flank.
- b) Keausan Crater.
- c) Keausan Notch
- d) Keausan Nose Radius.
- e) Patahan Termal.
- f) Patahan Paralel.
- g) *Built – Up Edge* (BUE).
- h) Deformasi Plastis Nyata.
- i) *Edge Chipping*.
- j) Chip Hammering.
- k) Perpatahan Nyata.





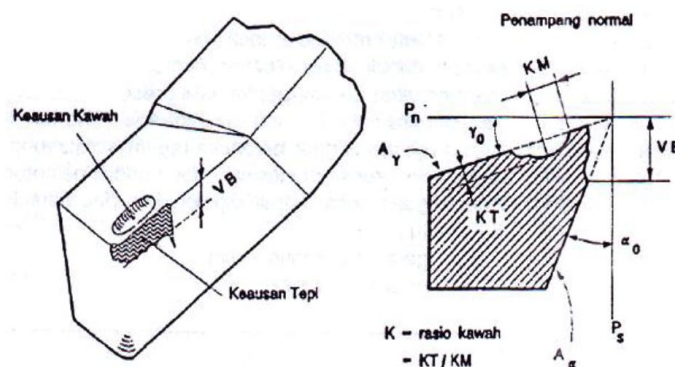
(Sumber : Abidin,2010)

Gambar 2.13 Macam – Macam Keausan Pahat.

### 2.2.8 Bidang yang Mengalami Kerusakan/Keausan

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

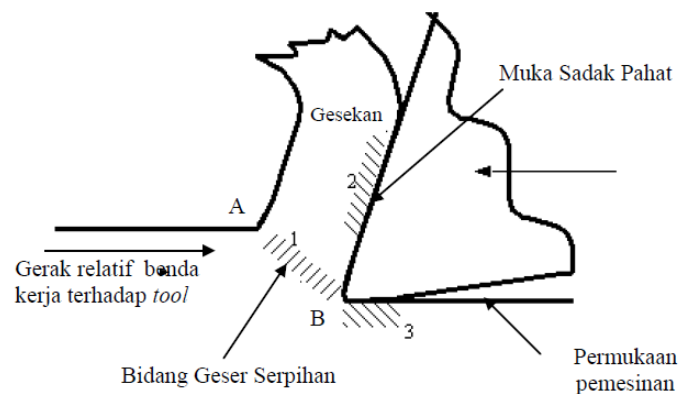
- Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aksi pahat.
- Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastik yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.



(Sumber :Kalpakjia.S dan Schmid,S.2009.)

Gambar 2.14 Keausan tepi (*Flank wear*) dan Keausan kawah (*Creter wear*)

Selama Proses pemotongan berlangsung, keausan tepi VB dan juga keausan kawah (KT) akan membesar (tumbuh) setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan  $t_c$  (min). Selama pemotongan, pahat mengalami beban tegangan setempat yang tinggi, suhu dan gesekan tinggi antara serpihan dan muka sadak pahat (*secondary deformation zone*) dan gesekan muka sisi (*rusuk*) sepanjang permukaan pemesinan (*primary zone*).



Sumber : <http://claymore.engineer.gvsu.edu>(2004)

Gambar 2.15 Permukaan pemesinan dan bidang sadak.

### 2.2.9 Analisis Regresi Linier

Analisis Regresi linier adalah studi mengenai ketergantungan variabel independen (terikat) dengan satu atau lebih variabel independen (variabel penjelas/bebas). Tujuan regresi ini untuk mengestimasi dan memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel independen berdasarkan nilai variabel independen yang diketahui. Hasil analisis regresi ini berupa koefisien untuk masing masing variabel independen. Koefisien ini diperoleh dengan cara memprediksi nilai independen dengan suatu persamaan. Koefisien regresi dihitung dengan dua tujuan yaitu meminimumkan penyimpangan antara nilai aktual dan nilai estimasi variabel independen berdasarkan data yang ada.

Untuk menempatkan garis regresi pada data yang diperoleh maka digunakan metode kuadrat terkecil sehingga bentuk persamaan regresi adalah sebagai berikut :

$$Y' = a + b X$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum y)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \cdot (\sum x)}{n}$$

### 2.2.10 Koefisien Korelasi

Analisis korelasi adalah hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubah. Karena itu hubungan korelasi belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat. Korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Korelasi tidak membedakan antara variabel independen dengan variabel independen.

RUMUS :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Keterangan :

- $r_{xy}$  = Hubungan variabel X dengan variabel Y
- X = Nilai variabel X
- Y = Nilai variabel Y

(Sumber : Hasan., Analisis data penelitian dengan statistik,2010)

Tabel 2.8 Interval nilai koefisien dan kekuatan hubungan

No	Interval Nilai	Keterangan
1	KK = 0	Tidak ada
2	0,00 – 0,20	Sangat rendah atau lemah sekali
3	0,20 – 0,40	Rendah atau lemah tapi pasti
4	0,40 – 0,70	Cukup berarti atau sedang
5	0,70 – 0,90	Tinggi atau kuat
6	0,90 – 1,00	Sangat tinggi atau kuat sekali, dapat diandalkan
7	KK = 1,00	Sempurna

### 2.2.11 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variabel variabel independen. Nilai koefisien determinasi antara nol dan satu. Nilai  $R^2$  yang kecil berarti kemampuan variabel – variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel independen sangat terbatas. Nilai yang mendekati angka satu berarti variabel variabel independen memberikan semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel independen

Kelemahan medasar pada penggunaan koefisien determinasi ialah bias terhadap umlah variabel independen yang dimasukkan kedalam model. Setiap tambahan satu variabel independen maka  $R^2$  pasti meningkat variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel independen.

$$R^2 = R \times R$$