



# **BAB 2**

# **DASAR TEORI**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

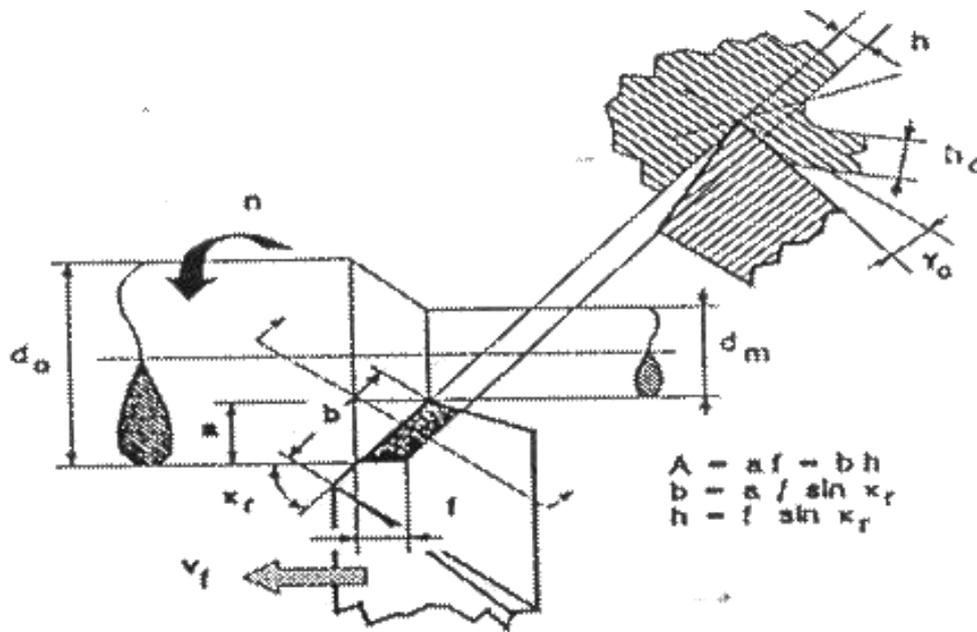
Pengujian umur pahat dengan high speed machining dilakukan pada AISI 01 Steel with Multilayer Ceramic CVD-Coated Carbide menghasilkan kecepatan potong berpengaruh pada umur pahat. Sedangkan umur pahat dapat diprediksi dengan rumus Taylor telah diujikan pada pahat mesin bubut. Parameter machining lain yang berpengaruh pada umur pahat adalah kecepatan potong dan telah diuji pada Baja AISI 4340 dengan hasil putaran optimal 185 rpm, kedalaman potong 2mm.

#### **2.2 Landasan Teori Proses Pemesinan**

Untuk itu perlu di pahami lima elemen dasar proses pemesinan, yaitu :

1. Kecepatan potong (cutting speed) =  $v$  (m/min).
2. Kecepatan makan (feeding speed) =  $vf$  (mm/min).
3. Kedalaman potong (depth of cut) =  $a$  (mm).
4. Waktu pemotongan (cutting time) =  $t_c$  (min).
5. Kecepatan penghasilan geram =  $Z$  (cm<sup>2</sup>/min)

Elemen dasar pemesinan tersebut (  $v$ ,  $vf$ ,  $a$ ,  $t_c$ , dan  $Z$  ) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja, pahat dan besaran-besaran dari mesin perkakas dapat diketahui dan ditentukan dari gambar berikut :



Gambar 1. Proses Bubut

Benda kerja :  $d_o$  = Diameter awal ; mm  
 $d_m$  = Diameter akhir ; mm  
 $l_t$  = Panjang pemesinan ; mm

Pahat :  $\kappa_r$  = Sudut potong utama ; °  
 $\gamma_o$  = Sudut geram ; °

Mesin bubut :  $a$  = kedalaman potong  
 $= (d_o - d_m) / 2$  ; mm  
 $f$  = gerak makan ; mm/(r)  
 $n$  = putaran poros utama (benda kerja) ; (r)/min

### 2.2.1 Elemen Dasar Proses Bubut

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 1 dengan wujud rumus sebagai berikut :

1. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; (\text{m/min})$$

Dimana :  $d = (d_o + d_m)/2$  ; mm

$d$  = diameter rata-rata ; mm

$n$  = putaran poros utama ; (r)/min

2. Kecepatan makan

$$vf = f \cdot n ; \text{mm/min}$$

Dimana ;  $f$  = gerak makan ; mm/(r)

$n$  = putaran poros utama ; (r)/min

3. Waktu pemotongan

$$tc = lt / vf ; \text{mm}$$

Dinama ;  $lt$  = panjang pemesinan ; mm

$vf$  = kecepatan makan ; mm/min

4. Kecepatan menghasilkan geram ;  $Z = A \cdot V$

Dimana penampang geram sebelum terpotong  $A = f \cdot a$  ; mm<sup>2</sup>

Maka  $Z = f \cdot a \cdot v$  ; cm<sup>3</sup>/min

Pada gambar.1 diperhatikan sudut potong utama dimana, penampang geram sebelum terpotong ( $kr$ , *principal cutting edge angle*) yaitu merupakan sudut antar mata potong mayor (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan  $vf$ . Besarnya sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga  $a$  dan  $f$  yang tetap

---

maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan (  $b$ , width of cut ) dan tebal gram yang terpotong (  $h$ , undeformed chip thickness ) sebagai berikut :

- Lebar pemotongan

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

Dimana :  $a$  = kedalaman potong ; mm

$$\text{kr} = \text{sudut potong utama} ; ^\circ$$

- Tebal geram sebelum terpotong

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

Dimana ;

$$f = \text{gerak makan} ; \text{mm}/(\text{r})$$

$$\text{kr} = \text{sudut potong utama} ; ^\circ$$

### **2.2.2 Bubut konvensional**

Mesin bubut (turning machine) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (tools) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut.

Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada chuck (pencekam) yang terpasang pada spindle mesin, kemudian spindle dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar.

Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam. Dalam kecepatan putar sesuai perhitungan, alat potong akan mudah memotong benda kerja sehingga benda kerja mudah dibentuk sesuai yang diinginkan.

Dikatakan konvensional karena untuk membedakan dengan mesin-mesin yang dikontrol dengan komputer (Computer Numerically Controlled) ataupun kontrol numerik (Numerical Control) dan karena jenis mesin konvensional mutlak diperlukan keterampilan manual dari operatornya. Pada kelompok mesin bubut

---

Konvensional juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatisasi baik yang dilayani dengan sistem hidrolik, pneumatik ataupun elektrik. Ukuran mesin nyapun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan besar seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1000 mm.

### **2.2.3 Perkakas Potong ( Cutting Tool )**

Disamping mesin perkakas untuk melaksanakan proses perautan logam juga digunakan perkakas potong, perkakas potong ini dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

1. Perkakas bermata potong tunggal
2. Perkakas bermata potong jamak

Secara umum prinsip kerja dari perkakas potong bermata potong tunggal sama dengan perkakas potong bermata potong jamak.

### **2.2.4 Pahat HSS**

Pada sekitar tahun 1898, ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan Crome (Cr) dan Tungsten/ Wolfram (W) dengan melalui proses penuangan (molten metallurgy) selanjutnya dilakukan pengerolan atau penempaan dibentuk menjadi batang segi empat atau silinder. Pada kondisi masih bahan (raw material), baja tersebut diproses secara pemesian menjadi berbagai bentuk pahat bubut. Setelah proses perlakuan panas dilaksanakan, kekerasannya akan menjadi cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk kecepatan potong yang tinggi yaitu sampai dengan tiga kali kecepatan potong pahat CTS. Baja Kecepatan Tinggi (High Speed Steel – HSS) apabila dilihat dari komposisinya dapat dibagi menjadi dua yaitu, Baja Kecepatan Tinggi (High Speed Steel – HSS) Konvensional dan Baja Kecepatan Tinggi (High Speed Steel – HSS) Spesial.

---

HSS Konvensional: Baja Kecepatan Tinggi (HSS) Konvensional, terbagi menjadi dua yaitu:

– *Molibdenum HSS*

– *Tungsten HSS*

HSS Spesial: Baja Kecepatan Tinggi Konvensional (HSS) Spesial, terbagi menjadi enam yaitu:

– *Cobalt Added HSS*

– *High Vanadium HSS*

– *High Hardness Co HSS*

– *Cast HSS*

– *Powdered HSS*

– *Coated HSS*

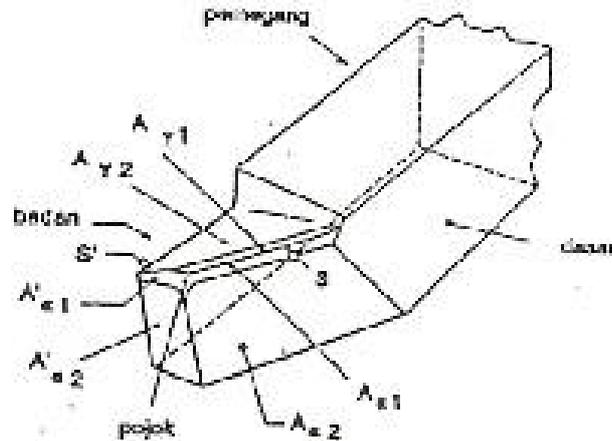
### **2.2.5 Bentuk Umum Dan Bagian- Bagian Pahat**

Dalam proses perautan terjadi gesekan antara pahat potong dengan logam yang diraut. Bagian sisi pahat potong menekan dengan kuat pada logam yang diraut, disamping itu dapat terjadi kenaikan temperatur yang berlebihan. Hal seperti ini dapat mengakibatkan keausan pahat potong, kejadian seperti ini sedapat mungkin harus diusahakan jangan sampai terjadi.

Untuk mengenal bentuk dan geometri pahat harus diamati secara sistematis, perlu dibedakan dalam tiga hal pokok yaitu :

- Elemen pahat
- Bidang aktif pahat
- Mata potong pahat

Sehingga untuk mengenal tiga bagian pahat akan dibahas secara lebih terperinci bagian – bagian pahat. Beberapa bagian pahat yang dapat didefinisikan adalah :



Gambar 2. Bagian – bagian dari pahat.

Keterangan :

$A_{\gamma}$  = Bidang geram

$A_{\alpha}$  = Bidang utama

$A'_{\alpha}$  = Bidang bantu

$S$  = Mata potong

$S'$  = Mata potong bantu

### 1. Elemen Pahat

- Badan (body) : Bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan pahat.
- Pemegang (shank) : Bagian pahat yang dipasangkan pada mesin perkakas, bila bagian ini tidak ada maka fungsinya diganti oleh lubang pahat.
- Lubang pahat (Tool Bore) : Lubang pada pahat melalui mana pahat dapat dipasang pada poros utama atau poros pemegang dari mesin perkakas umumnya dipunyai oleh pahat freis.

- Sumbu pahat (Tool Axis) : Garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat, umumnya merupakan garis tengah dari pemegang atau lubang pahat.
- Dasar (Base) : Bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pembuatan, pengukuran dan pengasahan pahat.

## **2. Bidang Pahat**

Bidang pahat merupakan permukaan aktif pahat. Pahat mempunyai bidang aktif sesuai mata potongnya, tiga bidang aktif dari pahat adalah :

- Bidang geram ( $A\gamma$ ) : Bidang diatas mana geram mengalir.
- Bidang utama / mayor ( $A\alpha$ ) : Bidang yang menghadap permukaan transien dari benda kerja. Permukaan transien benda kerja akan terpotong akibat gerakan pahat relatif terhadap benda kerja.
- Bidang Bantu / minor ( $A'\alpha$ ) : Bidang yang menghadap permukaan terpotong dari benda kerja. Karena adanya gaya potong sebagian kecil bidang Bantu akan terdaformasi dan menggesek permukaan benda kerja yang telah terpotong atau dikerjakan.

## **3. Mata Potong Pahat**

Pada bagian geram yang aktif memotong ada dua jenis mata potong yaitu:

- Mata potong utama (S) : Garis pemotongan antara bidang geram ( $A\gamma$ ) dan bidang utama ( $A\alpha$ ).
- Mata potong bantu (S') : Garis pemotongan antara bidang geram ( $A\gamma$ ) dengan bidang bantu ( $A'\gamma$ ).

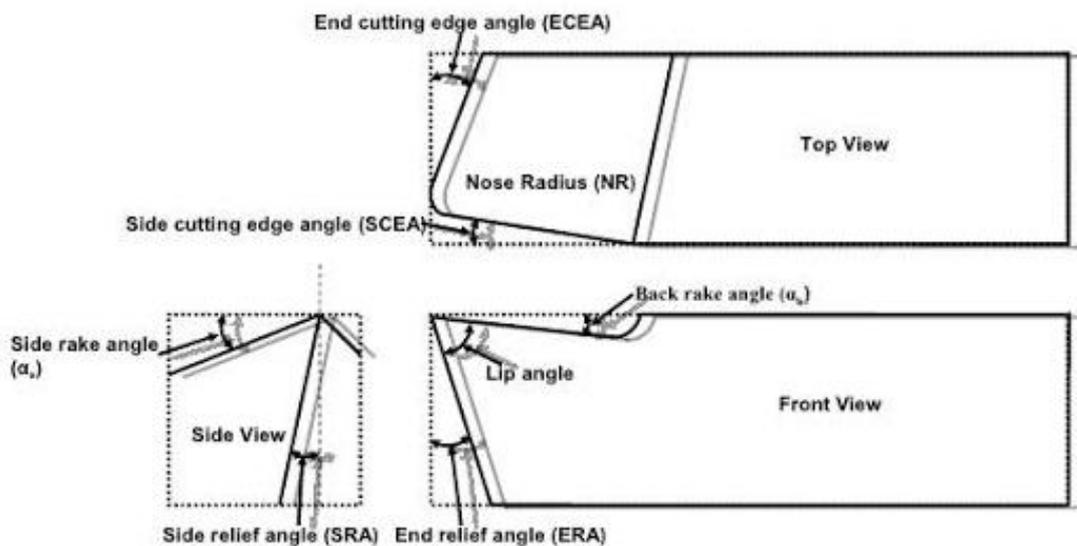
### **2.2.6 Geometri pahat**

Geometri pahat merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Oleh karena itu geometri pahat dipilih dengan tepat sesuai dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi

---

pemotongan sehingga tujuan dari proses pemesinan tersebut tercapai. Dengan demikian sebelum kita melakukan proses sebaiknya kita memilih pahat atau menentukan sudut – sudut pahat yang sesuai sehingga proses pemesinan dapat dioptimumkan Untuk menganalisa geometri pahat diperlukan suatu referensi dimana sudut – sudut dapat ditentukan harganya.

### Geometry of positive rake single point cutting tool



Gambar 3 : Geometry Pahat

- Back rake angle

Sudut ini berpengaruh pada proses pembentukan geram. Jika sudut ini diperbesar maka akan menaikkan umur pahat dan menurunkan gaya pemotongan yang dibutuhkan pada proses pemotongan.

- Side rake angle

Sudut ini mempengaruhi arah pengeluaran geram, jika sudut ini diperbesar maka akan menaikkan umur pahat serta memperbaiki akhir permukaan benda kerja.

---

- End relief angle

Fungsi sudut ini adalah mengurangi gesekan yang terjadi antara bidang utama dengan benda kerja. Sebaiknya sudut ini dibuat tidak terlalu besar karena akan mengurangi kekuatan dari pahat.

- Side relief angle

Sudut ini digunakan hamper sama dengan End relief angle. Untuk proses turning sudut ini sebaiknya dibuat cukup besar.

- End cutting edge angle

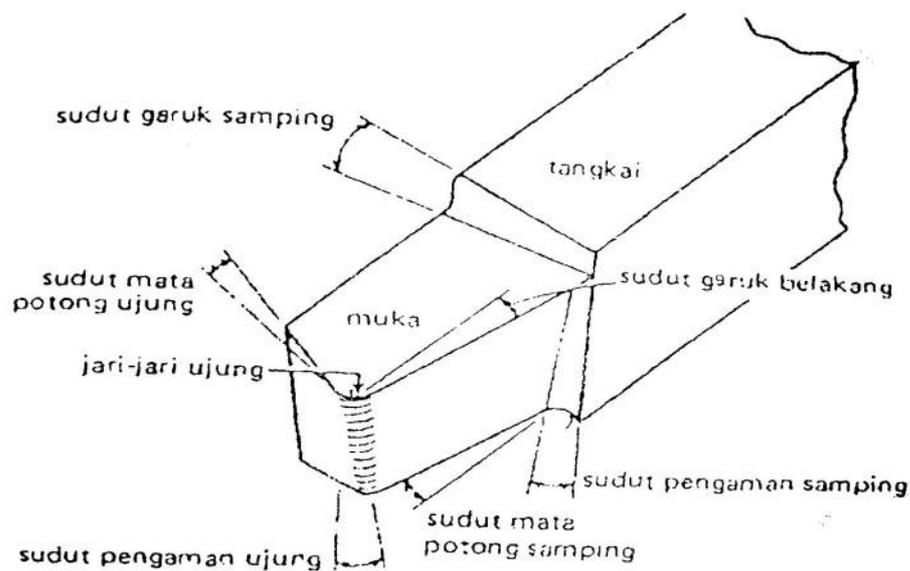
Sudut ini berfungsi untuk menghindari kontak gerakan antara mata potong pahat dengan benda kerja

- Side cutting edge angle

Sudut ini berpengaruh pada penentuan lebar dan tebal geram sebelum terpotong serta arah pengeluaran geram.

- Nose radius

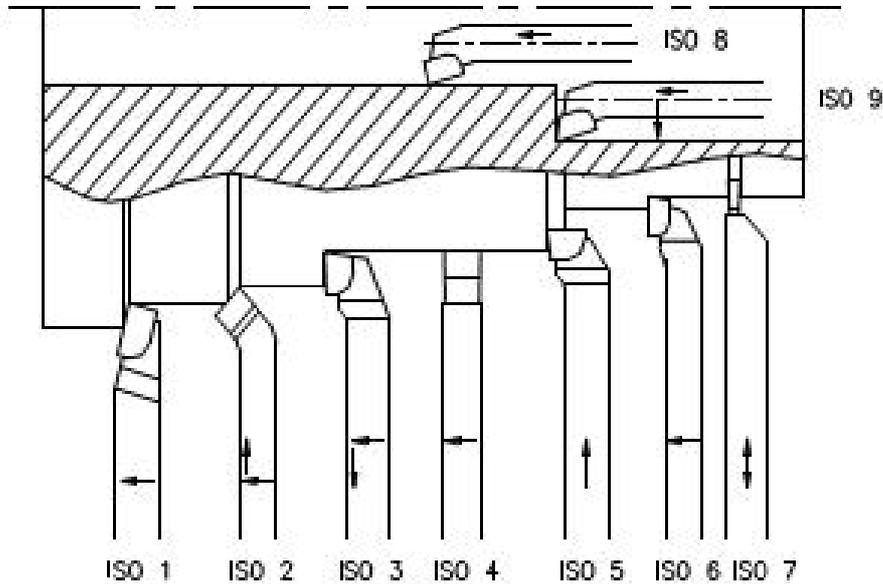
Sudut ini berfungsi untuk memperkuat ujung pahat dan menghindari panas yang terkonsentrasi di ujung pahat. Apabila diperbesar akan menaikkan umur pahat.



Gambar 4: Sudut-sudut pahat

---

### 2.2.7 Standart Sudut Pahat Bubut ISO



Gambar 5: Ilustrasi penggunaan berbagai jenis pahat bubut ISO

Keterangan:

1. Pahat ISO 1

Pahat ISO1 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidanganya (plane angle) sebesar  $75^\circ$ . Pada umumnya pahat jenis ini digunakan untuk membubut pengasaran yang hasil sudut bidanganya tidak memerlukan siku atau  $90^\circ$ .

2. Pahat ISO 2

Pahat ISO 2 digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang (pembubutan permukaan/ facing) dengan hasil sudut bidanganya (plane angle) sebesar  $45^\circ$ . ahata jenis ini juga dapat digunakan untuk membubut champer atau menghilangkan ujung bidang yang tajam (debured).

3. Pahat ISO 3

Pahat ISO 3 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dan melintang dengan sudut bidang samping (plane angle) sebesar  $93^\circ$ . Pada proses pembubutan

---

melintang tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil yang siku ( $90^\circ$ ) pada sudut bidangnya, yaitu dengan cara menggerakkan pahat menjahui sumbu senter.

#### 4. Pahat ISO 4

Pahat ISO 4 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan pemakanan relatif kecil dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $0^\circ$ . Pahat jenis ini pada umumnya hanya digunakan untuk proses finising.

#### 5. Pahat ISO 5

Pahat ISO 5 digunakan untuk proses pembubutan melintang menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $0^\circ$ . Jenis pahat ini pada umumnya hanya digunakan untuk meratakan permukaan benda kerja atau memfacing.

#### 6. Pahat ISO 6

Pahat ISO 6 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $90^\circ$ , sehingga pada proses pembubutan bertingkat yang selisih diameternya tidak terlalu besar dan hasil sudut bidangnya dikehendaki siku ( $90^\circ$ ) pahatnya tidak perlu digerakkan menjahui sumbu senter.

#### 7. Pahat ISO 7

Pahat ISO 7 digunakan untuk proses pembubutan alur menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $0^\circ$ . Pahat jenis ini dapat juga digunakan untuk memotong pada benda kerja yang memiliki diameter nominal tidak lebih dari dua kali lipat panjang mata pahatnya.

#### 8. Pahat ISO 8

Pahat ISO 8 digunakan untuk proses pembesaran lubang tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $75^\circ$ .

#### 9. Pahat ISO 9

Pahat ISO 9 digunakan untuk proses pembesaran lubang tidak tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar  $95^\circ$ .

### **2.2.8 Material Pahat**

Untuk pengerjaan suatu pemesinan yang tertentu diperlukan pahat dari suatu jenis material yang cocok, selain itu kita perhitungkan juga ekonomis suatu pahat yang akan kita pakai untuk suatu pengerjaan. Maka pemilihan pahat (cutting tool) dapat dilakukan berdasar sifatnya antara lain sebagai berikut :

- Kekerasan yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja walaupun temperatur pemotongan tinggi tetapi tahan terhadap keausan.
- Ketahanan beban kejut, diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar.
- Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu pemotongan benda kerja yang mengandung partikel / bagian yang keras.
- Beberapa jenis material pahat yang sering digunakan pada industri pemesinan antara lain :

#### **1. Baja Karbon**

Baja karbon atau dikenal dengan carbon tool steel (CTS) merupakan baja dengan kandungan karbon berkisar 0,7 – 1,4 % karbon. Pahat jenis ini tidak sesuai untuk pekerjaan dengan kecepatan tinggi karena pahat ini tidak tahan terhadap temperature 2500C, sehingga hanya dapat digunakan pada pengerjaan benda kerja yang relatif lunak.

#### **2. HSS (High Speed Steel)**

Termasuk jenis high alloy steel bahan ini sangat baik sebagai baja perkakas karena dapat menerima pemotongan yang baik pada temperatur operasi 1100o. Pahat ini kekerasannya cukup tinggi sehingga dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi. Dari sifat ini maka pahat jenis ini banyak dipakai secara umum terutama untuk mesin – mesin yang melaksanakan produksi tinggi.

#### **3. Pahat Karbida**

Pahat karbida merupakan pahat potong keras yang umum digunakan pada kecepatan tinggi terutama untuk mesin yang mampu menghasilkan putaran yang tinggi serta tahan terhadap temperatur sampai 10000C. Pahat ini mempunyai

---

kekerasan  $R_c = 90 - 93$  serta dapat bekerja pada kecepatan potong 2 – 5 kali lebih besar dari pahat HSS.

#### 4. Pahat Keramik

Pahat ini dibuat dari bahan Aluminium oksida murni, lebih tahan panas dan tekanan bila dibandingkan dengan karbida. Mampu dioperasikan dengan kecepatan potong tinggi tanpa memerlukan media pendingin. Digunakan untuk melaksanakan proses perautan khusus terutama yang mempunyai sifat spesial.

#### 5. Pahat Diamond

Merupakan jenis pahat yang paling keras sehingga dapat dioperasikan pada kecepatan yang sangat tinggi tanpa memerlukan media pendingin. Digunakan pada proses perautan yang sifatnya khusus memerlukan ketelitian yang tinggi.

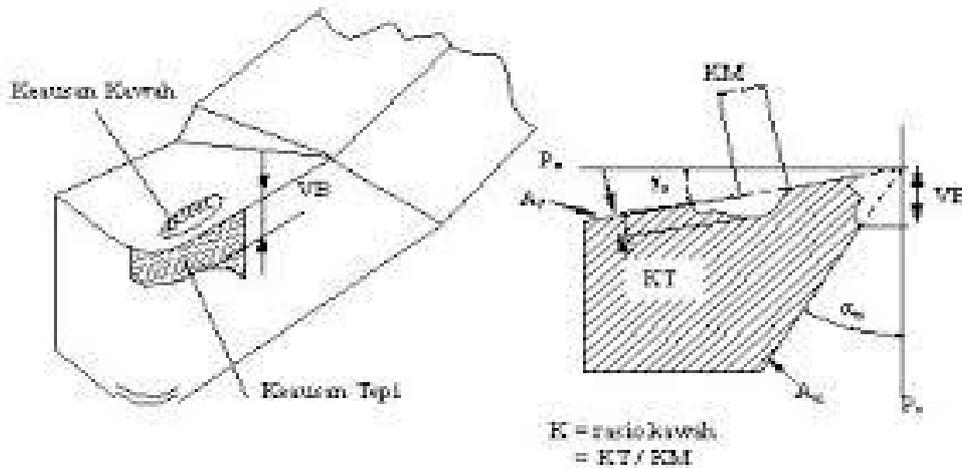
### 2.2.9 Keausan Pahat

Keausan merupakan faktor yang penting menentukan umur pahat karena keausan menyebabkan pahat kehilangan berbentuk aslinya sehingga hasil pengerjaan benda kerja tidak bisa sempurna. Keausan pahat ini akan membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan.

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

- Keausan yang secara bertahap membesar pada bidang aktif pahat.
  - Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
  - Deformasi plastis yang akan mengubah bentuk atau geometri pahat.
  - Jenis kerusakan yang terakhir diatas disebabkan tekanan temperatur tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur. Keausan dapat terjadi pada bidang geram ( $A\gamma$ ) atau pada bidang utama ( $A\alpha$ ) pahat. Karena bentuk dan letaknya spesifik keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah dan keausan pada bidang utama disebut keausan tepi seperti pada gambar dibawah
-

ini.



Gambar 6. Keausan Tepi dan Keausan bawah

### 2.2.10 Umur Pahat

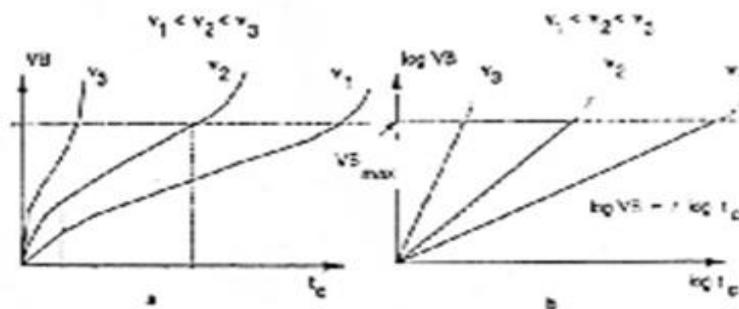
Keausan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan pada saat tertentu pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi. Semakin besar keausan yang di derita pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat akan rusak.

Harga batas keausan yang digunakan sebagai petunjuk umum dari percobaan dimana harganya tergantung dari jenis pahat dan benda kerja dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Pahat	Benda Kerja	VB (mm)
HSS	Baja & Besi	
Karbida	Tuang	0.3 s.d 0.8
Karbida	Baja	0.2 s.d 0.6
Keramik	Besi Tuang &	
	Non Ferrous	0.4 s.d 0.6
	Baja & Besi	0.3
	Tuang	

Tabel 1. Batas Keausan Kritis

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat, dengan demikian percepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Seperti pada gambar 2.6, pertumbuhan keausan tepi terjadi mulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti dengan pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan cepat terjadi lagi. Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai terjadi lagi di anggap sebagai batas umur pahat.



Gambar 7. Pertumbuhan Keausan Tepi (*flank wear*)

Di dalam proses pemesinan persamaan Taylor menyatakan hubungan antar beberapa parameter yang terlibat.

Rumus dasar umur pahat dapat ditulis :

$$v \cdot T^n = CT$$

Dimana :

$v$  = kecepatan potong ; m/menit

$T$  = umur pahat ; menit

$n$  = pangkat umur pahat

$C_T$  = konstanta Taylor

Konstanta Taylor dapat secara lebih umum ditulis seperti rumus empiris berikut :

$$C_T = \frac{C_{TVB} \cdot VB^m}{h^p \cdot b^q}$$

$VB$  = Keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat ; mm. Tergantung pada keuletan (toughness) pahat, dan benda kerja serta ringannya kondisi pemotongan, harga batas keausan tersebut dapat di pilih dari 0,3 s.d 1 mm, demi untuk menghindari kerusakan fatal.

$m$  = Pangkat untuk batas keausan, tergantung pada kualitas pahat serta jenis dan kondisi benda kerja. ( $m = 0.4$  s/d  $0.5$  ; rata rata =  $0.45$ )

$h$  = Tebal geram sebelum terpotong, ditentukan berdasarkan kondisi pemotongan optimum, yaitu sebesar mungkin bila merupakan proses pengkasaran, atau sesuai dengan batas minimum bila merupakan proses penghalusan.

$p$  = Pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong, tergantung pada jenis dan kualitas pahat (sesuai dengan pemakaian serta jenis dan kondisi benda kerja).

$b$  = Lebar pemotongan ; mm, ditentukan berdasarkan dimensi awal dan akhir benda kerja, menentukan jumlah langkah pemotongan untuk mencapai objektif yaitu dimensi produk.

---

$\mathcal{G}$  = Pangkat dari lebar pemotongan, harga relatif kecil berkisar antara 0,05-0,13 kadangkala pengaruh lebar potongan diabaikan.

$C_{TVB}$  = Kecepatan potong extrapolatif (m/min), yang secara teoritik  
Menghasilkan

umur pahat sebesar 1 menit, untuk  $VB = 1$  mm,  $h = 1$  mm dan  $b = 1$  mm, merupakan harga spesifik bagi kombinasi suatu jenis pahat dan benda kerja.

Rumus umur pahat :

$$v \cdot T^n = C \cdot f^{-p} \cdot a^{-q}$$

### 2.2.11 Cairan Pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin juga mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih atau pembawa gerinda dan melumasi elemen pembimbing (ways) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Tetapi peran utama dari cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi. [6]

Cairan pendingin yang biasanya dipakai proses pemesinan dapat dikategorikan dalam empat jenis utama yaitu:

1. Cairan Sintetik (Synthesis Fluids, Chemical Fluid)

Cairan ini jernih atau dapat diwarnai yang merupakan larutan murni (true solutions) atau larutan permukaan aktif (surface active), larutan murni ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk mengurangi panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi.

2. Cairan Emulsi (Emulsion, Water Miscible Fluid)

Jenis cairan ini adalah air yang mengandung partikel minyak 5-20 m. Unsur

---

pengemulsi

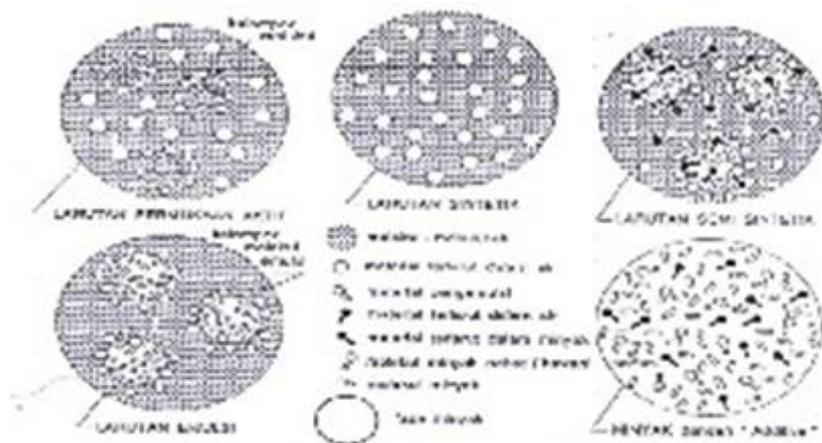
ditambahkan dalam minyak yang kemudian dilarutkan dalam air, penambahan jenis minyak jenuh atau unsur lain (EP Extreme Pressure Additives) dapat menaikkan daya lumas.

### 3. Cairan Semi Sintetik (Semi Synthetic Fluid)

Merupakan perpaduan antara jenis pertama dan jenis kedua diatas yang mempunyai karakteristik kandungan minyaknya lebih sedikit (10%-45% dari tipe kedua) dan kandungan pengemulsinya lebih banyak dari tipe kesatu.

### 4. Minyak Potong (Cutting Oils)

Minyak yang berasal dari salah satu atau kombinasi dari minyak bumi, minyak binatang, minyak ikan, atau minyak nabati. Viscositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer hingga yang kental bergantung pemakaian. Pencampuran antara minyak bumi dan minyak hewani atau nabati akan menambah daya pembasahan sehingga memperbaiki daya lumas.



Gambar 8. Ilustrasi beberapa cairan pendingin yang umumnya dipakai pada proses pemesinan.

Cairan pendingin jelas hanya akan berfungsi dengan baik jika cairan ini diatur, diarahkan dan dijaga alirannya pada daerah pembentukan geram dengan cara

---

yang baik. Pemakaian cairan pendingin yang tidak berkesinambungan akan mengakibatkan bidang aktif pahat mengalami beban thermal yang berfluktuasi, bila pahat merupakan jenis karbida atau keramik (yang relatif getas), maka pemuaian dan pengerutan yang berulang kali akan mengakibatkan retak mikro yang akhirnya justru menjadikan penyebab kerusakan yang fatal.

### **2.2.12 Pengertian Baja**

Baja merupakan paduan dari besi dan karbon (zat arang). Besi (Fe) adalah elemen metal dan karbon (C) adalah elemen non metal. Karbon dan besi yang terpadu secara kimiawi disebut sebagai besi karbid ( $Fe_3C$ ) atau sementit. Sifat-sifat bahan hasil akhir suatu persenyawaan antara dua bahan yang berbentuk gas itu sangat berbeda jika dibandingkan dengan sifat-sifat bahan awal. Contohnya sementit memiliki tiga atom besi (Fe) yang lunak bersenyawa dengan satu atom karbon (C) menghasilkan molekul yang sangat keras. Perubahan-perubahan yang diakibatkan perbedaan kadar karbon.

- Kadar karbon (%C) yang meningkat akan menyebabkan bertambah besarnya noda (flek) hitam (yang juga disebut flek perlit), bersama itu berkurangnya flek putih (ferrit/besi murni).
- Karbon mencapai 0,85% akan menyebabkan besi dalam keadaan jenuh terhadap karbon. Struktur seperti itu disebut perlit lamellar. Perlit lamellar yaitu campuran yang sangat halus dan berbentuk batang-batang kristal. Campuran kristal tersebut terdiri dari ferrit dan sementit.
- Kadar karbon yang bertambah besar menyebabkan sementit akan berkurang dan flek-flek perlit akan bertambah. Kadar karbon mencapai jenuh jika sudah sebesar 0,85% dengan demikian bertambah juga kekerasan dari baja.

### **❖ Pengelompokan Baja**

---

Pengelompokkan baja antara lain :

**a. Baja Karbon**

Baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja, tanpa bahan-bahan pemadu yang lain. Beberapa unsur yang lain kadang-kadang terdapat pada baja karbon tetapi dengan kadar/persentase yang sangat kecil, misalnya Si, Mn, S, P. Keikutsertaan material tersebut sering disebut dengan impuritis yang terjadi karena proses pembuatannya. Berdasarkan tinggi rendahnya persentase karbon di dalam baja, maka baja karbon dikelompokkan sebagai berikut:

○ Baja Karbon Rendah

Baja ini memiliki persentase karbon antara 0,10% sampai 0,25% sehingga bersifat lunak dan tidak dapat dikeraskan. Baja ini dapat dituang, dikeraskan permukaannya (*case hardening*), mudah dilas dan ditempa. Baja yang memiliki persentase karbon dibawah 0,15% memiliki *machineability* yang jelek (sukar dikerjakan dengan mesin). *Low Carbon steel* digunakan untuk konstruksi jembatan dan bangunan.

○ Baja Karbon *Medium/* Menengah

Persentase karbon yang terkandung dalam baja ini berkisar dari 0,25% sampai 0,55%, sehingga bersifat lebih keras, dapat dikeraskan, *ditempering*, dilas, dan dapat dikerjakan pada mesin dengan baik. Baja ini dipergunakan untuk beberapa bagian dari mesin, misalnya poros dan poros engkol.

○ Baja Karbon Tinggi

Persentase karbon yang terkandung dalam baja ini berkisar dari 0,55% sampai 1,70%. Baja ini lebih cepat dikeraskan daripada jenis yang lain, karena kadar karbon yang lebih tinggi. Penggunaan jenis baja ini sangat terbatas karena memiliki *machineability* dan *weldability* yang jelek dan sukar dibentuk. Baja karbon tinggi biasanya dipergunakan untuk pegas/per dan alat-alat pertanian.

**b. Baja Paduan**

---

Baja paduan adalah baja yang mengandung unsur lain (misalnya *Chrom*, *Nickel*, *Mangan*, *Wolfram*, dan lain-lain). Elemen paduan ini mempunyai pengaruh yang berarti pada struktur baja dan termasuk juga pada proses perubahan struktur. Disebut baja paduan jika elemen paduan mencapai kadar lebih dari 0,8%. Berdasarkan kadar unsur paduan di dalam baja, maka baja karbon dikelompokkan sebagai berikut :

- 1) Baja paduan rendah, dimana kadar unsur paduannya di bawah 10%.
- 2) Baja paduan tinggi, dimana kadar unsur paduannya di atas 10%.

### **c. Baja Khusus**

Baja khusus mempunyai unsur-unsur paduan yang tinggi karena pemakaian-pemakaian yang khusus. Baja khusus yaitu :

- Baja tahan karat

Baja tahan karat dibagi menjadi 3 macam menurut strukturnya yaitu baja tahan karat feritis, baja tahan karat martensit, dan austenitis.

- Baja tahan panas

Baja tahan panas yaitu baja tahan terhadap korosi pada suhu lingkungan lebih tinggi atau oksidasi.

- Baja perkakas

Baja perkakas adalah baja yang dibuat tidak berukuran besar tetapi memegang peranan dalam industri-industri. Unsur-unsur paduan dalam karbitnya diperlukan untuk memperoleh sifat-sifat tersebut dan kuat pada temperatur tinggi.

- Baja listrik

Baja listrik umumnya banyak dipakai dalam bidang elektronika.

### **❖ Fasa-Fasa Pada Besi**

Menurut Buku Petunjuk Praktikum Material Teknik, fasa pada besi dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu :

#### **a) Fasa Menurut Kristal**

- Ferit ( $\alpha$ )
-

Struktur ferit adalah *Body Centered Cubic* (BCC) karena memiliki sel satuan kubus pusat badan yang menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada temperatur rendah. Kondisi temperatur rendah menyebabkan keadaan ferit stabil dan dapat berada dengan sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) dan yang lainnya. Ferit memiliki kelarutan padat yang terbatas. Ferit yang berada di dalam besi disebut ferit silisium, yang bersifat liat namun jika terdapat dalam jumlah yang banyak dapat merusak sifat-sifatnya. Ferit lunak atau ulet pada keadaan murni, kekuatan tariknya kurang dari 310 Mpa.

➤ Austenit (+)

Austenit memiliki struktur yang berupa sel satuan kubus pusat muka atau *Face Centered Cubic* (FCC) dimana menunjukkan titik mulur yang jelas tanpa kegetasan pada keadaan dingin. Austenit dapat berubah menjadi ferit pada temperatur rendah jika berupa fasa metastabil dengan pengerjaan stabil pada suhu antara  $912^{\circ}\text{C}$  dan  $1394^{\circ}\text{C}$ . Austenit akan lunak dan mudah dibentuk jika pada suhu stabilnya paramagnetik dan stabil pada temperatur tinggi. Berat jenisnya adalah  $7,88 \text{ mg/m}^3$ .

➤ Martensit

Martensit merupakan fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan. Fasa metastabil martensit terbentuk dengan laju perbandingan cepat, semua unsur perpaduan masih larut dalam keadaan padat. Semakin tinggi derajat jenuh karbon, semakin besar pula perbandingan satuan sumbu sel satuannya, maka martensit akan semakin keras dan getas.

➤ Bainit

Sifat bainit merupakan perpaduan antara ferit dan martensit. Bainit adalah austenit metastabil yang didinginkan dengan laju pendinginan cepat tertentu, yang terjadi hanya presipitasi  $\text{Fe}_3\text{C}$ , sedangkan unsur paduan lainnya tetap larut.

## **b) Fasa Menurut Keadaan**

1. Perlit adalah struktur yang berbentuk lapisan dari ferit yang liat dan sementit yang keras dan getas. Perlit merupakan bahan yang sangat ulet dan memiliki ketahanan aus yang sangat baik.
2. Widmanstatten merupakan paduan ferrit dan austenit dalam orientasi pada presipitasi ferit.
3. Sorbit adalah perlit yang halus.
4. Trostit sama dengan bainit.
5. Dendrit

## **❖ Sifat-Sifat Penting Dari Logam**

Pada perencanaan suatu konstruksi, pemilihan bahan yang akan digunakan harus menyesuaikan dengan sifat-sifat logam tersebut. Berikut ini adalah sifat-sifat logam yang penting :

### 1) *Malleability*/Dapat Ditempa

Logam ini dapat dengan mudah dibentuk dengan suatu gaya, baik dalam keadaan dingin maupun panas tanpa terjadi retak. Misalnya dengan *hammer* ataupun dengan rol.

### 2) *Ductility*/Dapat Ditarik

Logam dapat dibentuk dengan tarikan tanpa menunjukkan gejala putus.

### 3) *Toughness*/Sifat Ulet

Kemampuan suatu logam untuk dibengkokkan beberapa kali tanpa mengalami retak.

### 4) *Hardness*/Kekerasan

Ketahanan suatu logam terhadap penetrasi/penusukan logam lain.

### 5) *Strength*/Kekuatan

Kemampuan suatu logam untuk menahan gaya yang bekerja atau kemampuan logam menahan deformasi.

### 6) *Weldability*

Kemampuan logam untuk dapat dilas, baik dengan las listrik maupun dengan las karbid/gas.

7) *Corrosion Resistance*/Tahan Korosi

Kemampuan suatu logam untuk menahan korosi/karat akibat kelembaban udara, zat-zat kimia, dan lain-lain.

8) *Machineability*

Kemampuan suatu logam untuk dikerjakan dengan mesin. Misalnya dengan mesin bubut, mesin frais, dan lain-lain.

9) *Elasticity*

Kemampuan suatu logam untuk kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi plastik/permanen.

10) *Britleness*/Kerapuhan

Sifat logam yang mudah retak dan pecah. Sifat ini berhubungan erat dengan kekerasan/*hardness* yang merupakan kebalikan dari *ductility*.