

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Mesin perkakas yang dikenal saat ini dapat membantu menyelesaikan sebuah pekerjaan yang berhubungan dengan logam, plat, atau spindle, dalam dunia industri ada banyak bermacam-macam mesin perkakas antara lain: mesin bubut, mesin frais, mesin *drilling*, gergaji, gerinda, dan lain-lain. Dalam melakukan proses pemesinan, tidak terlepas dalam penggunaan mata pahat, penggunaan mata pahat yang tepat dapat menghasilkan produk yang baik dengan waktu pemesinan yang singkat sesuai dengan jumlah produk yang direncanakan.

perkembangan mesin bubut sebagai alat produksi pembentuk logam ditunjukkan dengan adanya penemuan mesin bubut non konvensional yaitu berupa teknologi *Computer Numerical Controlled (CNC)*. Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik berdasarkan angka. Sumbodo (2008:402). Dengan demikian dalam menggunakan mesin CNC akan memenuhi tuntutan konsumen yang harus menghasilkan benda kerja yang berkualitas tinggi, presisi, dan pengerjaan jumlah yang banyak dengan lebih mudah.

Menurut Sidi, et.al (2013:101) bahwa, “Untuk mendapatkan produk yang berkualitas yang salah satunya berupa kebulatan perlu didukung oleh proses pemesinan yang gerakannya dikontrol secara otomatis atau elektrik.” Mesin

bubut CNC (Computer Numerical Controlled) merupakan sebuah solusi alat dari proses pemesinan yang dapat mengerjakan sebuah benda, mulai dari pekerjaan benda kerja yang kasar hingga menghasilkan pekerjaan halus sesuai dengan perintah-perintah yang dimasukkan oleh operator dalam bentuk program dengan tingkat kepresisian yang tinggi.

Proses turning adalah proses pemesinan pada permukaan benda kerja yang menghasilkan geometri silinder. Kenaikan Temperatur pada kontak pahat dan benda kerja adalah salah satu parameter penting pada analisa proses turning. Temperatur pemotongan timbul akibat panas yang dihasilkan oleh deformasi material dari perautan benda kerja, gesekan antara pahat dan benda kerja dan gesekan antara pahat dan geram (Kalpakjian, S, R. Schmid, 2014)

Sesuai prinsip dari proses pemakanan bubut yaitu pahat menyayat benda kerja untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Pada saat proses tersebut maka terjadilah gesekan antara pahat dan benda kerja itu dapat menimbulkan perpindahan panas. Perpindahan panas dari benda kerja suatu pemesinan memiliki pengaruh yang signifikan pada bagian temperatur dan akibat dari gaya pemotongan (Attia et al., 2016).

Menurut Asmed (2016:119) kekasaran permukaan produk logam penting untuk diperhatikan, kekasaran permukaan berpengaruh pada performansi produk. Semakin rendah nilai kekasaran dari suatu benda kerja menandakan bahwa benda kerja tersebut semakin baik, dengan kata lain benda kerja tersebut lebih presisi. Dari hal tersebut dapat dilakukan evaluasi apakah benda tersebut diterima atau tidak untuk selanjutnya digunakan untuk menjadi suatu komponen bubut.

Komponen yang memiliki kekasaran rendah cenderung akan menjadikan kinerja mesin lebih maksimal. Pihak penyedia jasa harus membandingkan hasil pengerjaan material terhadap kondisi mesin saat melakukan proses produksi apakah ada ketidak sesuaian hasil material dikarenakan adanya keausan mata pahat ataupun ketidak sesuaian lainnya. Oleh karena itu ada parameter pemesinan pada proses pembubutan yang harus diperhatikan dalam proses produksi diantaranya kecepatan pemakanan (feeding), jenis pendingin, gerak pemakanan, kecepatan spindel, dan kedalaman pemotongan. Agar didapatkan hasil yang halus dan kinerja mesin yang maksimal.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka peneliti mengidentifikasi masalah yaitu

1. Pembubutan tanpa menggunakan cairan membuat kerja mesin semakin berat.
2. Perbedaan kedalaman pemotongan membuat keausan pada sisi mata pahat memiliki tingkat yang berbeda-beda.

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak membahas mengenai temperatur mata pahat.
2. Pengamatan hanya sebatas pada keausan mata pahat.

3. Tidak membahas kekasaran permukaan benda kerja.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman pemotongan (*Depth of Cut*) terhadap keausan mata pahat pada proses pembubutan.
2. Untuk mengetahui perbedaan volume sisi mata pahat yang habis akibat proses pembubutan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada pelaku industri kecil maupun besar, khususnya industri manufaktur.
2. Dapat memberikan kontribusi pada dunia pendidikan khususnya pendidikan sekolah menengah kejuruan dari penelitian yang didapat bisa digunakan sebagai bahan rujukan.
3. Memberikan alternatif penghematan *cost* produksi.

## BAB 2

### TINJAUN PUSTAKA

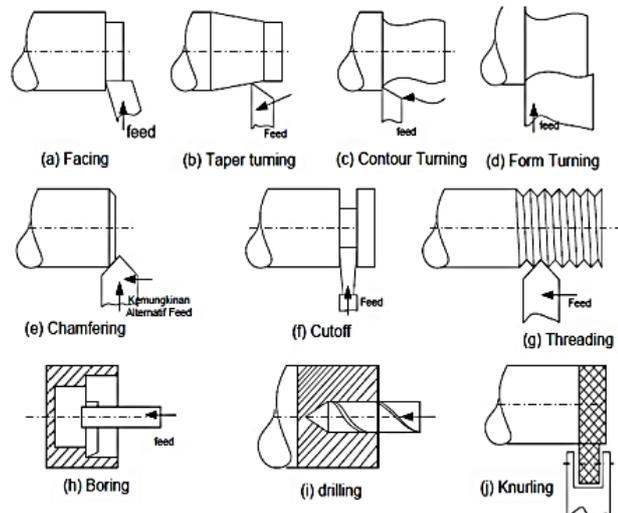
#### 2.1 Proses Pembubutan

Proses pembubutan tidak terlepas dari komponen utamanya yaitu mesin bubut. Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar (Syamsuddin, 1997).

Prinsip kerja mesin ini adalah menghilangkan bagian dari benda kerja dengan cara menyayat benda kerja untuk memperoleh suatu bentuk tertentu dimana benda kerja berputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Gerakan berputar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak makan (Feeding). (Taufiq Rochim, 1993).

Fungsi utama mesin bubut adalah untuk memproduksi benda - benda berpenampang silinder, misalnya poros lurus, poros bertingkat, poros tirus, poros berulir. Jenis-jenis proses dalam pembubutan yaitu :

- a. Pembubutan Muka (*Facing*), yaitu proses pembubutan yang dilakukan pada tepi penampangnya atau gerak lurus terhadap sumbu benda kerja, sehingga diperoleh permukaan yang halus dan rata.



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Proses Pembubutan

- b. Pembubutan tirus (*Taper*), yaitu proses pembuatan benda kerja berbentuk konis. Dalam pelaksanaan pembubutan tirus dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu memutar eretan atas (perletakan majemuk), pergerseran kepala lepas (*tailstock*), dan menggunakan perlengkapan tirus (*tapper attachment*).
- c. Pembubutan Rata (pembubutan silindris), yaitu pengerjaan benda yang dilakukan sepanjang garis sumbunya.
- d. *Cutting off* merupakan pemotongan benda kerja dengan pahat bubut. Pada proses *cutting off*, pahat bubut yang digunakan memiliki ujung potong yang miring.
- e. Pembubutan ulir (*threading*), adalah pembuatan ulir dengan menggunakan pahat ulir.
- f. Perluasan lubang (*boring*), yaitu proses pembubutan yang bertujuan untuk memperbesar lubang. Pembubutan ini menggunakan pahat bubut dalam.
- g. Pembubutan *drilling*, yaitu pembubutan dengan menggunakan mata bor (*drill*),

sehingga akan diperoleh lubang pada benda kerja. Pekerjaan ini merupakan pekerjaan awal dari pekerjaan boring (bubut dalam).

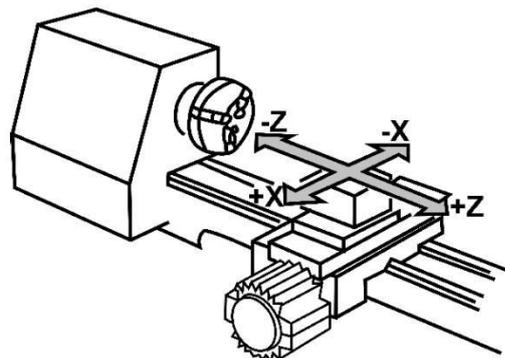
- h. *Knurling*, yaitu proses pembubutan luar (pembubutan silindris) yang bertujuan untuk membuat profil pada permukaan benda kerja (katel).

## 2.2 Mesin Bubut CNC

Mesin CNC (computer numerical control) adalah mesin yang menggunakan bahasa numerik dan dikontrol oleh komputer, salah satu produk mesin CNC adalah mesin bubut CNC, Mesin bubut CNC dibagi menjadi dua yaitu Mesin bubut CNC Training Unit dan Mesin bubut CNC Production Unit.

Mesin bubut CNC TU-2A mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya mesin bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja mesin bubut CNC TU-2A juga sama dengan mesin bubut konvensional yaitu benda kerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam (Rahdiyanta, 2009). Untuk Arah gerakan pada mesin bubut diberi lambang sebagai berikut:

- a. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- b. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.



Gambar 2.3 Mekanisme Arah Gerakan Mesin Bubut

CNC singkatan dari Computer Numerical Controlled yang merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang



Gambar 2.5 Mesin Bubut CNC TU-2A

mampu membaca instruksi kode N dan G (G- kode) yang mengatur kerja sistem peralatan mesinnya, yakni sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang digunakan untuk membuat komponen atau benda kerja. Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka).

Dalam menggunakan mesin CNC harus mengenal sistem koordinat yang ada pada mesin CNC, yaitu koordinat kartesius dan koordinat kutub. Namun yang sering di gunakan ialah sistem koordinat kartesius yang terdiri dari koordinat absolut dan koordinat inremental.

- a. Pemrograman absolut adalah pemrograman yang dalam menentukan titik koordinatnya selalu mengacu pada titik nol benda kerja.

- b. Pemrograman inkremental adalah pemrograman yang pengukuran lintasannya selalu mengacu pada titik akhir dari suatu pengukuran.
- c. Pemakaian kode-kode pada mesin perkakas CNC terdapat beberapa bagian kode pada mesin antara lain kode G, kode M, kode F, Kode S dan kode T, yang mana mempunyai beberapa arti

Tabel 2.1 Arti Kode Mesin CNC EMCO TU-2A

1	G00	<b>Positioning (Rapid Traverse)</b>	<b>Gerakan Pemosisian Bebas (Rapid)</b>
2	G01	<b>Linear Interpolation (Cutting Feed)</b>	<b>Gerakan Linear Sesuai Feed Rate</b>
3	G02	<b>Circular Interpolation/Helical CW</b>	<b>Interpolasi Melingkar Searah Jarum Jam (CW)</b>
4	G03	<b>Circular Interpolation/Helical CCW</b>	<b>Interpolasi Melingkar Berlawanan Arah Jarum Jam (CCW)</b>
5	G04	<b>Dwell, Exact Stop</b>	<b>Program Berhenti Pada Waktu Tertentu</b>
6	G10	<b>Data Setting</b>	<b>Set Koordinat System Data</b>
7	G15	<b>Polar Coordinates Cancel</b>	<b>Pembatalan Perintah Koordinat Polar</b>
8	G16	<b>Polar Coordinates</b>	<b>Perintah Koordinat Polar</b>
9	G17	<b>XY Plane Selection</b>	<b>Pemilihan Bidang X,Y</b>
10	G20	<b>Input in Inch</b>	<b>Input satuan Inch</b>
11	G21	<b>Input in mm</b>	<b>Input Satuan mm</b>
12	G28	<b>Return to Reference Point</b>	<b>Kembali Ke Referensi Point</b>
13	G31	<b>Skip Function</b>	<b>Lewati Perintah</b>
15	G40	<b>Cutter Compensation Cancel</b>	<b>Pembatalan Kompensasi Cutter</b>
16	G41	<b>Cutter Compensation Left</b>	<b>Kompensasi Cutter Kiri</b>
17	G42	<b>Cutter Compensation Right</b>	<b>Kompensasi Cutter Kanan</b>
16	G43	<b>Tool Length Compensation + Direction</b>	<b>Kompensasi Panjang Cutter Arah Positif</b>

18	G45	Tool Offset Increase	Menaikan Offset Tools
19	G46	Tool Offset Decrease	Menurunkan Offset Tools
20	G47	Tool Offset Double Increase	Menaikan Ganda Offset Tools
21	G48	Tool Offset Double Decrease	Menurunkan Ganda Offset Tools
22	G49	Tool Length Offset Compensation Cancel	Pembatalan Kompensasi Offset Panjang Tools
23	G52	Local Coordinate System Setting	Setting Local Koordinat
24	G54, G55, G56, G57	Workpiece Coordinate System	Sistem Koordinat Benda Kerja
25	G68	Coordinate Rotation	Putar Sumbu Koordinat
26	G69	Coordinate Rotation Cancel	Pembatalan Putar Sumbu Koordinat
27	G74	Left-handed Tapping Cycle	Menghitung Langkah Tapping
28	G80	Canned Cycle Cancel	Pembatalan Pengerjaan Siklus
29	G81	Drilling Cycle, Spot Boring	Pembuatan Lubang/Drilling
30	G82	Drilling Cycle, Counter Boring	Pembuatan Lubang Counter Boring
31	G85	Boring Cycle	Penghitungan Langkah Boring
32	G90	Absolute Command	Perintah Sistem Pengerjaan Absolute
33	G91	Incremental Command	Perintah Sistem Pengerjaan Incremental
34	G94	Feed per Minute	Kecepatan Potong Per Menit
35	G98	Return to Initial Point in Canned Cycle	Kembali ke titik Inisial Siklus
36	G99	Return to R Point in Canned Cycle	Kembali ke Titik R Siklus

### 2.2.1 Parameter Pembubutan

Agar mendapat hasil pengerjaan mesin CNC yang baik bergantung pada parameter pemesinan, seperti kecepatan pemakanan (cutting speed), kedalaman pemakanan (depth of cut), material benda, karakteristik pahat, pendinginan dan lainnya. Namun demikian faktor-faktor pembubutan yang lain cukup berpengaruh terhadap hasil proses pemesinan.

#### a. Gerak Makan, $f$ (feed)

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 2.3) sehingga satuan  $f$  adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material

pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan (Widarto. 2018:146). Pada kecepatan gerak pemakanan terdapat rumus yang mempermudah cara perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata sesuai dengan ketentuan yang diinginkan.

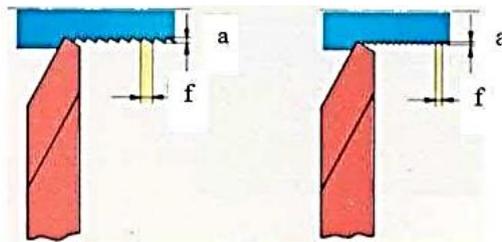
$$F = f \times n$$

Keterangan :

F : Kecepatan gerak pemakanan (mm/min)

f : Gerak Pemakanan (mm/rev)

N : Putaran mesin/kecepatan *spindle* (rpm)



Gambar 2.7 Gerak Makan (f) Dan Kedalaman Potong (a)

b. Kedalaman Pemotongan (*Depth Of Cut*)

Kedalaman potong merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (lihat Gambar 2.2). Ketika pahat memotong sedalam  $a$ , maka diameter benda kerja akan berkurang  $2a$ , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2}$$

Keterangan :

a : Kedalaman Pemotongan (mm)

$d_o$  : Diameter Awal (mm)

$d_m$  : Diameter Akhir (mm)

Menurut Sivaraman, et al (2012:160) bahwa dept of cut dan feeding adalah parameter penting yang mempengaruhi tingkat kekasaran mempunyai hubungan bahwa kedalaman pemakanan juga dapat dimaksud selisih antara diameter awal sebelum pemakanan dengan diameter sesudah dilakukan pemakanan. Bahwa standar proses pembubutan pada kedalaman pemotongan dengan proses pengerjaan halus 0,38-2,29 mm dan pada proses pengerjaan kasar 4,75 – 9,53 mm.

c. Kecepatan *Spindle* (rpm)

Kecepatan putar (speed) selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindle) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rotation per minute, rpm). Pada gerak putar seperti pada mesin frais Kecepatan potongnya ( $C_s$ ) adalah Keliling lingkaran benda kerja ( $\pi$ ) dikalikan dengan putaran ( $n$ ). Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan antarlain: Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (cutting speed,  $v$ ) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Menurut Widarto (2018:243) secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar, rumusnya sebagai berikut:

$$C_s = \frac{\pi d n}{1000}$$

Keterangan :

$C_s$  : Kecepatan Potong (m/menit)

$d$  : Diameter Benda Kerja (mm)

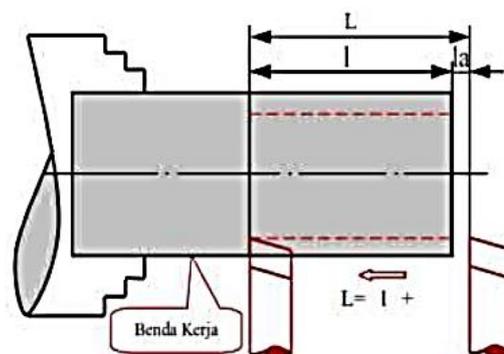
$n$  : Putaran Benda Kerja ( Putaran/menit)

Tabel 2.3 Cutting Speed Untuk Turning CNC

Jenis Material (Benda Kerja)	Pahat High Speed Steel (HSS)		Pahat Carbide	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja Perkakas	75-100	24-45	185-230	110-140
Baja Karbon Rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja Karbon Menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Besi Cor Kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Alumunium	70-100	30-45	140-215	60-90

Dalam menentukan besarnya kecepatan potong dan putaran mesin, selain dapat dihitung dengan rumus diatas juga dapat dicari pada tabel kecepatan potong pembubutan yang hasil pembacaannya mendekati dengan angka hasil perhitungan yaitu:

d. Waktu Permesinan ( $t_m$ )



Gambar 2.9 Panjang Langkah Pembubutan Rata

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin bubut, lamanya waktu proses pemesinannya perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter benda kerja, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/ penggeseran pahatnya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung. (Kementerian Kebudayaan dan Pendidikan, 2013:214).

Perhitungan waktu pemesinan bubut rata pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan bubut rata, perbedaannya hanya terletak pada arah pemakanan yaitu melintang. Pada gambar di bawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan ( $L$ ) adalah panjang pembubutan muka ditambah start awal pahat ( $\ell a$ ), untuk nilai kecepatan pemakanan ( $F$ ), dengan mengacu pada uraian sebelumnya  $F = f \cdot n$  (mm/putaran).

$$L = d^2 + \ell a$$

Keterangan :

$L$  : Panjang Total Pembubutan (mm)

$d$  : Diameter Benda Kerja (mm)

$\ell$  : Panjang Pembubutan Muka (mm)

$la$  : Jarak Mulai Pahat (mm)

#### e. Kecepatan Penghasil Geram

Geram merupakan potongan dari material yang terlepas dari benda kerja akibat gesekan pahat potong. Kecepatan penghasilan geram ( $Z$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Z = f \times a \times v$$

Keterangan :

Z : Kecapatan Penghasil Geram ( $cm^3/min$ )

f : Kecepatan Gerakan Pemakan (mm/min)

a : Kedalam Potong (mm)

v : Kecepatan potong (mm/min)

### 2.2.2 Mata Pahat

Kualitas benda kerja dan efisiensi kerjanya akan tergantung dari pahat yang digunakan. Pahat memiliki arti proses memotong (cutting process), yaitu memotong logam untuk mendapatkan bentuk dan ukuran, serta kualitas permukaan potong yang direncanakan. Setiap pekerjaan diperlukan pahat yang tepat, misalnya untuk pekerjaan kasar (roughing), halus (finishing), permukaan (facing), bor, ulir, diperlukan pahat yang khusus untuk tujuan masing – masing.

Kekerasan dan tahan terhadap gesekan yang rendah tidak diinginkan pada material pahat, sebab akan menyebabkan keausan pada material pahat tersebut. Keuletan yang rendah dan ketahanan thermal yang rendah akan mengakibatkanrusaknya pahat terhadap mata potong maupun retak mikro pada pahat yang mengakibatkan kerusakan fatal pada pahat dan benda kerja. Sifat-sifat unggul diatas memang perlu dimiliki oleh material pahat. Akan tetapi tidak semua sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang.

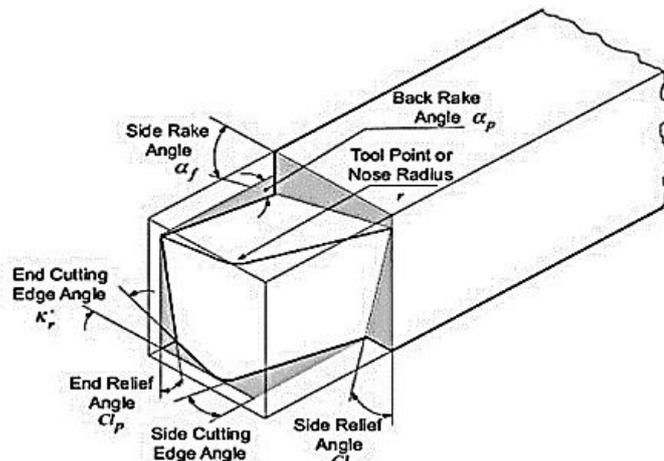
Pada umumnya kekerasan, ketahanan gesek dan ketahanan thermal yang tinggi selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian dilakukan untuk mempertinggi kekerasan dan menjaga supaya keuletan tidak terlalu rendah

sehingga pahat tersebut dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi. Pada mulanya untuk memotong baja digunakan baja karbon tinggi sebagai bahan dari pahat, dimana kecepatan potongnya pada waktu itu hanya bisa mencapai sekitar 10 m/menit. Berkat kemajuan teknologi kecepatan potong ini dapat dinaikkan sehingga mencapai sekitar 700 m/menit yaitu dengan menggunakan CBN (Cubic Baron Nitride). Kekerasan tersebut dapat dicapai berkat kekerasan yang tetap relatif tinggi meskipun temperatur kerjanya cukup tinggi. Dari kemajuan teknologi tersebut dapat diketahui bahwa hanya material dari jenis karbida dan keramiklah yang tetap berfungsi dengan baik pada kecepatan potong atau temperatur kerja yang tinggi. Meskipun demikian, bukan berarti hanya Karbida dan Keramik saja yang saat ini di pakai sebagai pahat potong tetapi jenis lain masih tetap dipilih yaitu pada saat di perlukan sifat keuletan yang dan nilai ekonomis yang tinggi. Namun pada saat ini material pahat yang banyak digunakan adalah HSS dan Karbida Berikut ini adalah materialmaterial pahat secara berurutan dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas, yaitu : i) Baja Karbon Tinggi, ii) HSS (High Speed Steels), iii) Paduan Cor Nonferro, iv)Karbida, v) CBN (Cubic Baron Nitride).

#### a. Geometri Pahat Bubut

Dalam pengerjaan mesin, geometri pahat merupakan aspek penting untuk dipertimbangkan karena pengaruhnya dalam memotong kekuatan dimensi dan pembentukan chip. Selain itu, faktor ini akan secara langsung mempengaruhi masalah lain seperti defleksi pahat, getaran, dll. Parameter geometris yang paling

penting disertakan dalam gambar 2.5. Parameter ini adalah sisi cutting edge angle, end cutting edge angle, cutting edge inclination dan nose radius.



Gambar 2.11 Geometri Pada Pahat Bubut

#### b. Pahat Karbida

Karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana karbida keras partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt.

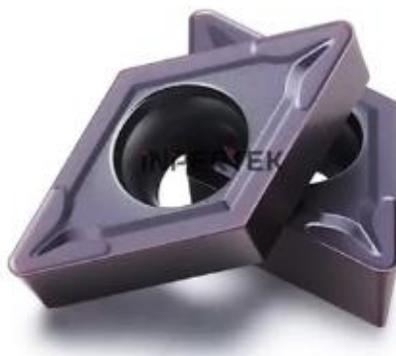
Penggunaan tungsten sebagai elemen paduan memberi baja penahan yang baik kekerasan pada suhu tinggi dari  $900^{\circ}\text{C}$  hingga  $1000^{\circ}\text{C}$ . Karbida dibuat dengan cara mencampur bubuk logam tungsten dengan karbon dan memanaskan campuran ke sekitar  $1600^{\circ}\text{C}$  di atmosfer hidrogen sampai kedua zat itu hilang zat

kimianya. Saat ini, tiga kelompok karbida berikut secara luas diterapkan untuk elemen alat potong :

- a. WC + Co + (WC-TiC-TaC-NiC) untuk digunakan dalam pemesinan baja.
- b. WC + Co untuk digunakan dalam permesinan besi cor dan logam non ferro.
- c. TiC + Ni + Mo untuk digunakan dalam pemesinan logam kekuatan tinggi suhu tinggi.

Karbida semen memiliki kekerasan yang sangat tinggi (hanya setelah berlian) dan keausan tinggi resistensi terhadap abrasi. Mereka tidak kehilangan sifat pemotongannya, kekerasan melebihi suhu hingga 900oC- 1000°C. Karenanya alat berujung karbida mampu mengolah logam yang paling keras secara efisien, termasuk baja yang dikeraskan pada kecepatan potong tinggi. Alat tersebut dapat beroperasi pada kecepatan potong dari 16 hingga 25 Kali lipat yang diizinkan untuk alat yang terbuat dari baja perkakas karbon. Satu kelemahan dari semen karbida adalah kerapuhannya.

Kekakuan sangat tinggi (modulus Young sekitar tiga kali dari baja) dari Baja membuat nilai kekerasan mata pahat dalam proses permesinan membuat tingkat ketahanan mata pahat menjadi lebih kuat .



Gambar 2.13 Mata Pahat Carbide uncoat DCMT 070408

karbida yang disemen mensyaratkan bahwa mereka didukung dengan ketebalan yang cukup, bahkan untuk sejumlah kecil deformasi ikatan dalam pada bahan kekakuan ini dapat menyebabkan tegangan tarik yang sangat tinggi. Karbida disemen lemah pada tegangan daripada kompresi. Mereka memiliki kecenderungan kuat untuk terbentuk las tekanan pada kecepatan potong rendah. Dalam pandangan ini mereka harus dioperasikan dengan kecepatan jauh lebih banyak dari yang digunakan dengan alat baja kecepatan tinggi. Ini disebabkan untuk peralatan mesin dari peningkatan daya. Karbida yang memperoleh persentase kobalt tinggi adalah lebih keras dan lebih kuat dari yang mengandung kobalt rendah. Karenanya mereka digunakan untuk pemotongan kasar, pemotongan terputus dan untuk penggilingan. Varietas kobalt rendah digunakan untuk jadi operasi seperti berputar dengan penampang chip yang halus dan pemotongan kontinu. Disarankan untuk menjaga braze metal setipis mungkin (Singh, 2006).

### **2.3 Cairan Pendingin**

Menurut Soedjono dan Mashudi, (1978) media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Air adalah media pendinginan yang paling umum digunakan. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air

sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan scaling dari permukaan bagian baja yang di-quenching. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media quenching karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenitic, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas.

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerajinan mengakibatkan bahan menjadi keras.

## 2. Pelumas / oli Pelumas

Pelumas / oli Pelumas adalah minyak yang mempunyai sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergeser, sehingga membuat pengausan dan kenaikan suhu kecil sekali (Soedjono & Mashudi, 1978). Viskositas oli, dan bahan dasar oli membawa pengaruh dalam mendinginkan spesimen. Minyak pelumas mineral merupakan campuran beberapa organik, terutama hidrokarbon. Dalam minyak bumi mengandung parafin ( $C_nH_{2n-2}$ ), siklik paraffin naftena ( $C_nH_{2n}$ ) dan aromatik ( $C_nH_n$ ), jumlah susunan tergantung jumlah minyaknya. Aromatik mempunyai sifat pelumasan yang baik tetapi tidak tahan oksidasi. Parafin dan naftena lebih stabil tetapi tidak dapat menggantikan aromatik secara keseluruhan. Perbedaan yang lain yaitu aromatik mempunyai viskositas rendah, naftena mempunyai viskositas sedang dan parafin mempunyai viskositas tinggi. Ada tiga faktor yang mempengaruhi viskositas, yaitu komposisi,

suhu dan tekanan. Angka viskositas biasanya ditinjau dengan SAE (Society of Automotive Engine) dan disertai angka. Angka menunjukkan pada kelompok mana viskositas itu termasuk.

Dalam perdagangan ada dua macam viskositas, misalnya SAE 10W dan 40. SAE 10W tidak begitu peka terhadap temperatur, sedangkan Oli SAE 40 peka terhadap temperatur. Indek kekentalan 16 diikuti huruf W yang menunjukkan kekentalan pada suhu 20oC, sedangkan kekentalan yang tidak diikuti huruf W menyatakan kekentalan pada suhu 100 C, dengan adanya perkembangan teknologi lebih dari satu tingkat klasifikasi viskositasnya yang dikenal dengan minyak pelumas multigrande. Penulisan angka viskositas misalnya SAE 10W – 40 dengan maksud standar olinya SAE 10 pada suhu 10 C dan standar sampai SAE 40 pada suhu 100oC, sehingga minyak pelumas ini bila digunakan di lingkungan suhu dingin akan berguna sebagai pelumas SAE 10W sedangkan bila digunakan dilingkungan suhu panas akan berguna untuk minyak pelumas SAE 50W. Dalam penelitiannya menggunakan pelumas mesran SAE 40 (Rajan, 2010).

Viskositas oli dan bahan dasar oli cukup berpengaruh dalam proses pendinginan spesimen. Oli yang mempunyai viskositas cukup rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas cukup tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat.

### 3. Air garam

Larutan garam atau istilah kimia dikenal dengan NaCl (natrium klorida) memiliki senyawa ionic terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Bahan utama dari larutan NaCl adalah garam dapur, jika terlarut dalam air dapat

menghantarkan arus listrik dan juga dapat digunakan sebagai media pendingin pada proses perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan benda, karena larutan garam memiliki laju pendinginan yang baik dan cepat, suhu yang merata pada air garam, proses pendinginan merata pada semua bagian logam, tidak ada bahaya oksidasi, karburisasi, atau dekarburisasi selama proses pendinginan. Bahan yang didinginkan dalam larutan garam akan mengakibatkan menjadi keras pada permukaan benda karena mengikat zat arang.

Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin (Murtiono, 2012).

#### 4. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai cairan pendingin dalam perlakuan panas yaitu yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) spesimen yang diolah. Selain itu, minyak yang khusus digunakan untuk bahan pendingin saat proses pembubutan.

#### 5. Udara

Pendinginan udara diberikan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Maka dari itu udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara yang berperan pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membuat kristal – kristal dan nantinya dapat mengikat unsur – unsur lain dari udara.

selain dipilih cairan pendingin harus juga dipakai dengan cara yang benar. Banyak cara yang dipraktekkan untuk mengefektifkan pemakaian cairan pendingin, yakni sebagai berikut :

1. Secara manual

Apabila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, misalnya Mesin Gurdi atau Frais jenis “bangku” (bench drilling/milling machine) maka cairan pendingin hanya dipakai secara terbatas. Pada umumnya operator memakai kuas untuk memerciki pahat gurdi, tap atau frais dengan minyak pendingin.

2. Disiramkan ke benda kerja (*flood application of fluid*)

Cara ini memerlukan sistem pendingin, yang terdiri atas pompa, saluran, nozel, dan tangki, dan itu semua telah dimiliki oleh hampir semua mesin perkakas yang standar. Satu atau beberapa nozel dengan selang fleksibel diatur sehingga cairan pendingin disemprotkan pada bidang aktif pemotongan.

3. Disemprotkan (*jet application of fluid*)

Dilakukan dengan cara mengalirkan cairan pendingin dengan tekanan tinggi melewati saluran pada pahat. Untuk penggurdian lubang yang dalam (deep hole drilling; gun-drilling) atau pengefraisan dengan posisi yang sulit dicapai dengan semprotan biasa.

4. Dikabutkan (*mist application of fluid*)

Dalam proses pengkabutan dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang mempuni sehingga tidak memberikan pengaruh yang buruk bagi kinerja mesin

pembubutan, dimana tidak semua mesin pembubutan cnc dapat menggunakan sistem cairan yang dikabutkan .

Pemberian cairan pendingin dengan cara ini cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan Cairan dalam tabung akan naik melalui pipa berdiameter kecil, karena daya vakum akibat aliran udara di ujung atas pipa, dan menjadi kabut yang menyemprot keluar. Pemakaian cairan pendingin dengan cara dikabutkan dimaksudkan untuk memanfaatkan daya pendinginan karena penguapan.

Tabel 2.4 Tabel Rekomendasi Cairan Pendingin

<b>Material</b>	<b>Drilling</b>	<b>Reaming</b>	<b>Tapping</b>	<b>Turning</b>	<b>Threading</b>	<b>Milling</b>
<b>Alluminium</b>	Soluble Oil Kerosene Kerosene and Lard Oil	Soluble Oil Kerosene Mineral Oil	Soluble Oil Mineral Oil	Soluble Oil	Soluble Oil Kerosene and Lard Oil	Soluble Oil Lard Oil Lard or Mineral Oil
<b>Brass</b>	Dry Soluble Oil Kerosene and Lard Oil	Soluble Oil Dry	Soluble Oil Lard Oil Dry	Soluble Oil	Soluble Oil Lard Oil	Soluble Oil Dry
<b>Bronze</b>	Dry Soluble Oil and Lard Oil Mineral Oil	Soluble Oil Lard Oil Dry	Soluble Oil Lard Oil Dry	Soluble Oil	Soluble Oil Lard Oil	Soluble Oil Dry
<b>Cast Iron</b>	Dry Soluble Oil Dry jet	Soluble Oil Mineral Lard Oil	Mineral Lard Oil	Soluble Oil Mineral Lard-Oil Dry	Dry Soluble Oil	Dry Soluble Oil

Copper	Dry Soluble Oil or Lard Oil Kerosene Mineral Lard Oil	Soluble Oil Lard Oil Dry	Soluble Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil	Soluble Oil Lard Oil	Soluble Oil Dry
Malleable Iron	Dry Soda water	Dry Soda water	Soluble Oil	Soluble Oil	Lard Oil Soda water	Dry Soda water
Monel Metal	Soluble Oil Lard Oil	Soluble Oil Lard Oil	Mineral Oil Sulfurized Oil	Soluble Oil	Lard Oil	Soluble Oil
Steel Alloys	Soluble Oil Sulfurized Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil Mineral Oil	Soluble Oil	Lard Oil Sulfurized Oil	Lard Oil Mineral Lard Oil
Steel Forging Low Carbon	Soluble Oil Sulfurized Lard Oil Lard Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil Lard Oil	Soluble Oil	Soluble Oil Mineral Lard Oil	Soluble Oil Mineral Lard Oil

## 2.4 Material Baja

Baja adalah paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari elemen campuran lainnya, ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sifat mekanis dari baja sangat berpengaruh terhadap kandungan karbon, yang mana kurang dari 1,5%. Sebagian dari baja digolongkan menurut konsentrasi karbon, yaknike dalam baja karbon rendah, baja karbon medium dan baja karbon tinggi. Baja merupakan bahan dasar untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transportasi, generator pembangkit listrik, sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Besi baja menduduki peringkat pertama di antara barang

tambang logam dan produknya melingkupi hampir 90 % dari barang berbahan logam (Irlamsyah, 2015).

#### 2.4.1 Baja Karbon

Baja karbon termasuk material logam ferro yang didefinisikan sebagai paduan besi dan karbon dengan kadar karbon antara 0,08-2,0% (Wirjosumarto dan Okumura, 1985). Penggolongan baja karbon menurut Murtiono, (2012) dibagi ke dalam tiga macam, yaitu:

##### 1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ialah baja yang paling mudah diproduksi diantara baja karbon yang lain, mudah di perlakuan mesin dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar, dan lain-lain.

##### 2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah yaitu baja yang mengandung karbon 0,3% C - 0,6% C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lain-lain.

### 3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7% dan memiliki tahanan panas yang tinggi kekerasan tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (tools). Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat bajandan kabel baja.

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalamnya, maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji, dan sebagainya.

Sebagai unsur tambahan selain karbon, baja karbon mengandung unsur-unsur (dalam jumlah kecil): mangan (Mn), silikon (Si), sulfur (S), khrom (Cr) dan sebagainya bervariasi menurut kebutuhan.

Semakin tinggi jumlah karbon dalam baja karbon, semakin tinggi kekuatannya serta kekerasannya, akan tetapi keuletan dan sifat mampu lasnya akan berkurang. Menurut Smallman (1985), baja karbon sedang dapat dicelup untuk membentuk martensit disusul dengan berperan untuk meningkatkan ketangguhan yaitu sekitar 350-550°C yang menghasilkan karbida bulat.

#### 2.4.2 Baja Paduan

Agar sifat-sifat baja karbon lebih baik maka ditambah kadar Mn atau Si, ataupun lainnya seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan lain sebagainya. Oleh karena itu selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya dapat juga memperbaiki sifat tahan

korosi, tahan aus, tahan suhu tinggi serta magnetiknya. Dalam pembuatan baja Baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus digunakan sebagai kadar unsur paduan. Baja yang mengandung unsur paduan dibawah 10% merupakan baja paduan rendah, dan sebaliknya baja mengandung unsur paduan diatas 10% baja paduan tinggi. Baja paduan dibagi atas 3 macam yaitu sebagai berikut: paduan unsur-unsur paduan yang digunakan terdiri dari satu macam unsur ataupun lebih dengan kadar karbon yang berbeda, dimana unsur digunakan tergantung dari keperluan sehingga baja paduan lebih banyak macam dan jenisnya.

#### 1. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah adalah suatu baja paduan yang dimana elemen paduannya kurang dari 2,5% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P, dan lainlain. Baja paduan rendah memiliki kadar karbon sama seperti baja karbon, akan tetapi ada sedikit unsur paduannya. Dengan adanya suatu penambahan unsur paduan, sehingga kekuatan baja paduan rendah ini dapat dinaikkan tanpa mengurangi keuletannya, daya tahan terhadap korosi, aus dan panas. Pengaplikasian dari baja ini banyak digunakan pada kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki gas, pipa gas dan sebagainya.

#### 2. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah adalah suatu baja paduan dimana elemen paduannya 2,5%-10% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P, dan lain-lain

#### 3. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi adalah suatu baja paduan dimana elemen paduannya lebih dari 10% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P, dan lain-lain. Contoh dari

Baja paduan tinggi adalah suatu baja paduan dimana elemen paduannya lebih dari 10% wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P, dan lain-lain. Contoh dari baja paduan tinggi seperti baja tahan karat, baja perkakas dan baja mangan. Pengaplikasian dari baja ini biasanya digunakan pada bearing, bejana tekan, baja pegas, cutting tools, frog rel kereta api dan lain sebagainya.

Tabel 2.5 Klasifikasi Baja AISI-SAE

Nomor AISI atau SAE	Komposisi
10xx	Baja karbon *
11xx	Baja karbon (ditambah belerang untuk mampu permesinan).
15xx	Mangan(1,0-2,0%).
40xx	Molibden (0,20 - 0,30 %).
41xx	Chromium (0,40 - 1,20 %), Molibden (0,08 - 0,25 %).
43xx	Nikel (1,65 - 2,00 %), Khromium (0,40 - 0,90 %), Molibden (0,20 - 0,30 %).
44xx	Molibden (0,5 %).
46xx	Nikel (1,40 - 2,00 %), Molibden (0,15 - 0,30 %).
48xx	Nikel (3,25-3,75%) Molibden Nikel (3,25-3,75%), Molibden (0,20-0,30%).
51xx	Khromium (0,70 - 1,20%).
61xx	Khromium (0,70 -1,10 %), Vanadium (0,10 %).
81xx	Nikel (0,20 - 0,40 %), Khromium (0,30 - 0,55 %), Molibden (0,08- 0,15 %).
86xx	Nikel (C;30 - 0,70 %), Khromium (0,40 - 0,85 %), Molibden (0,08 - 0,25 %).
87xx	Nikel (0,40 - 0,70 %), Khromium (0,40 - 0,60 %), Molibden (0,20 - 0,30 %).
92xx	Silikon(1,80-2,20%).

### 2.4.3 Baja AISI 1045

American Iron and Steel Institute (AISI) 1045 merupakan baja karbon yang kandungan karbonnya sekitar 0,43% - 0,50% baja ini termasuk dalam golongan baja menengah (Pramono, 2011). AISI 1045 menunjukkan bahwa 45 adalah kandungan atau kadar karbon pada baja tersebut yaitu 0,45 %. Sifat mekanik dari baja AISI 1045 sangat baik dimana baja tersebut memiliki sifat mekanik dan kemampuan pengelasan mesin, serta tingkat kekerasan dan ketahanan aus yang baik (Yusman, 2018). Baja AISI diharapkan dapat mempunyai ketahanan aus yang baik sehingga dapat berfungsi untuk menahan keausan akibat bergesekan dengan rantai. Nilai kekuatan Tarik baja AISI 1045 umumnya sebesar 570 hingga 700 MPa, dan nilai kekerasan brinell berkisar antara 170 hingga 210 BHN. Suhu Austenit baja AISI 1045 berkisar antara 820° C - 860° C yang dimana sifat yang didapatkan berupa kemampuan las yang baik, mampu mesin yang baik, serta reduksi beban impak yang cukup baik (Mustofa, 2016). PT. TIRA AUSTETITE Tbk telah melakukan proses pengujian komposisi kimia dengan standar DIN 50049/EN 10204/2.3 menggunakan baja AISI 1045 yang bisa dilihat pada tabel 2.5.

Pemilihan baja AISI 1045 karena baja ini banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen permesinan, murah dan mudah didapatkan di pasaran. Komponen mesin yang terbuat dari baja ini contohnya poros, roda gigi dan rantai. Adapun data-data dari baja ini adalah sebagai berikut :

1. AISI 1045 diberi nama menurut standar american iron and steel institute (AISI) dimana angka 1xxx menyatakan baja karbon, angka 10xx menyatakan

karbon steel sedangkan angka 45 menyatakan kadar karbon persentase (0,45 %).

2. Penulisan atau penggolongan baja AISI 1045 ini menurut standar yang lain adalah sama dengan DIN C 45, JIS S 45 C, dan UNS G 10450. 3
3. Menurut penggunaannya termasuk baja konstruksi mesin.
4. Menurut struktur mikronya termasuk baja hypoeutectoid (kandungan karbon < 0,8 % C).
5. Dengan meningkatnya kandungan karbon maka kekuatan tarik dan kekerasan semakin menjadi naik sedangkan kemampuan regang, keuletan, ketangguhan dan kemampuan lasnya menurun. Kekuatannya akan banyak berkurang bila bekerja pada temperatur yang agak tinggi. Pada temperatur yang rendah ketangguhannya menurun secara dratis.

Penerapan baja AISI 1045 ini banyak digunakan pada bidang kendaraan otomotif semacam pembuatan komponen roda gigi, poros serta bantalan pada bermacam kendaraan bermotor (Pramono, 2011).

Tabel 2.6 Tabel Hasil Pengujian Komposisi Baja AISI 1045

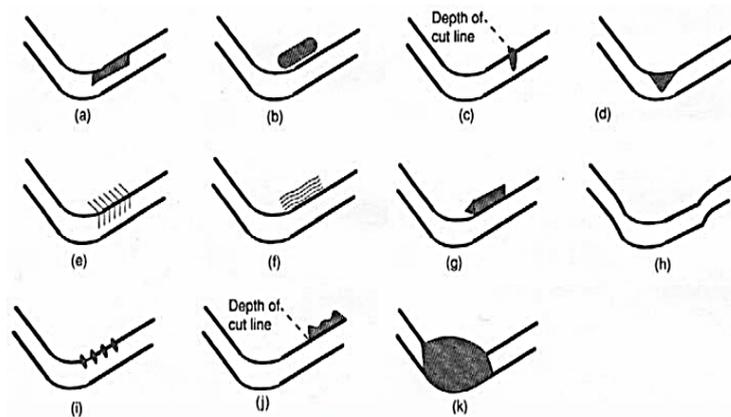
Komposisi (%)	Standar AISI 1045	Hasil Pengujian
C	0,43-0,50	0,45
Si	0,10-0,30	0,9
Mn	0,60-0,90	0,8
P	0,04 maks	0,01
S	0,05 maks	0,02
Mo	0,025	0,018

## 2.5 Keausan Mata Pahat

Pada proses pemesinan logam ketika proses pemesinan berlangsung, mata pahat mengalami gesekan dengan permukaan benda kerja logam. Gesekan permukaan geram yang mengalir akan menambah gesekan pada pahat dan permukaan benda kerja yang terpotong. Akibat dari gesekan tersebut, pahat mengalami keausan dan semakin membesar hingga mata pahat tidak dapat digunakan lagi atau mengalami kerusakan. Dalam perencanaan proses pemesinan suatu produk diperlukan informasi tentang umur pahat, berapa lama pahat tersebut mampu melakukan pemotongan logam, sebelum mengalami keausan, sehingga dapat dihitung waktu total yang dibutuhkan untuk memotong satu produk. Selain itu, dengan mengetahui batas umur pahat, maka ketelitian produk dapat dipertahankan, kerana jika pahat telah aus akan berpengaruh terhadap kondisi permukaan yang dihasilkan.

Umur pahat dipengaruhi oleh berbagai macam variabel proses, seperti jenis proses pemesinan, material benda kerja dan pahat, geometri pahat, kondisi pemotongan, dan cairan pendingin yang digunakan. Namun dalam kajian ini, parameter pemotongan ditetapkan secara konstan, sedangkan yang bervariasi adalah waktu pemesinan. Sifat getas yang terdapat pada mata pahat karbida menyebabkan kerusakan dalam bentuk keretakan apabila suatu beban termal yang tiba-tiba diberikan pada ujung mata pahat tersebut . (a) keausan flank, (b) keausan crater, (c) keausan notch, (d) keausan nose radius, (e) patahan thermal, (f) patahan parallel, (g) Built-Up Edge (BUE), (h) deformasi plastis nyata, (i) edge chipping,

(j) chip hammering dan (k) perpatahan nyata. Tempat dan bentuk sebenarnya dari keausan akan bervariasi tergantung pada operasi pemesinan.



Gambar 2.14 Macam-Macam Keausan Mata Pahat

Secara umum keausan (wear) didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari padat (solid), cair atau gas. Berat keausan dapat dihitung dengan persamaan:

$$W = W_0 - w_1$$

Keterangan :

$W$  : Berat Keausan

$W_0$  : Berat Awal

$W_1$  : Berat Akhir

Selama proses pembubutan berlangsung akan menghasilkan geram pada permukaan benda kerja, sehingga geram akan mempengaruhi pahat sehingga dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena disebabkan oleh

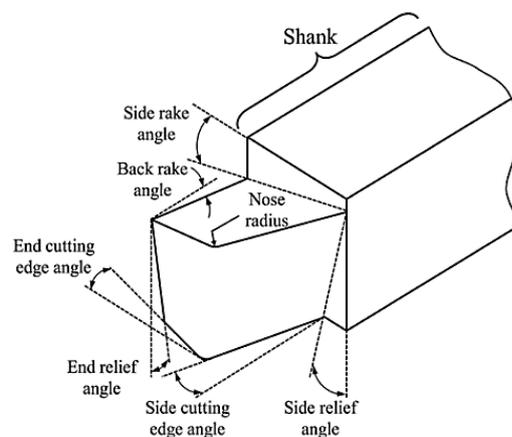
tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur, material pahat, material benda kerja dan cairan pendinginan (Rochim, 1999:122). Adapun jenis kegagalan pahat, yaitu:

#### 1. Keausan Kawah (*creater wear*)

Aus kawah (*creater wear*) disebabkan oleh suhu pemotongan yang tinggi pada bidang kontak antara serpihan dan pahat (*rake face*), dan pada tingkat tertentu terjadi pelarutan secara kimia antara pahat dan benda kerja yang menyebabkan pengikisan. Kedalamankawah adalah parameter yang banyak digunakan untuk mengevaluasi keausan kawah (Rochim, 1999).

#### 2. Keausan Tepi (*flank wear*)

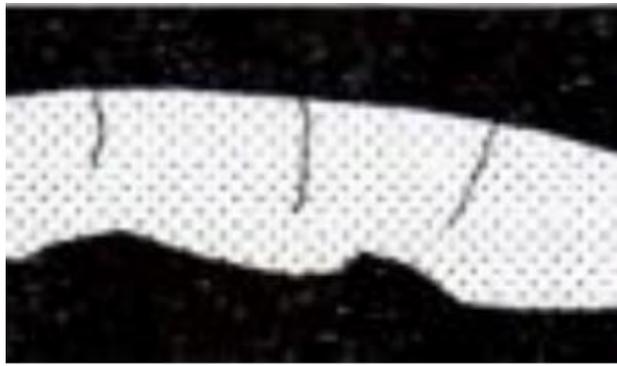
Keausan tepi adalah bentuk aus pada sisi (*flank*) pahat potong disebabkan perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara permukaan tepi pahat karena kekakuan benda kerja. Aus tepi sangat mempengaruhi hasil akhir permukaan dan daya potong pahat. Bentuk keausan sisi dan kawah pada pahat potong.



Gambar 2.15 Cutting Tool Area

### 3. Keretakan

Keretakan pahat terjadi bila ujung pahat menerima beban kejut (*impact load*), seperti halnya yang sering terjadi pada awal pemotongan dengan gerak pemakanan atau kedalaman pemotongan yang besar. Mata pahat tersebut akan panas sewaktu pemotongan berlangsung, maka pemakaian cairan pendinginan (*coolant*) pada saat pembubutan perlu dipertimbangkan akibatnya.



Gambar 2.16 Keretakan Mata Pahat

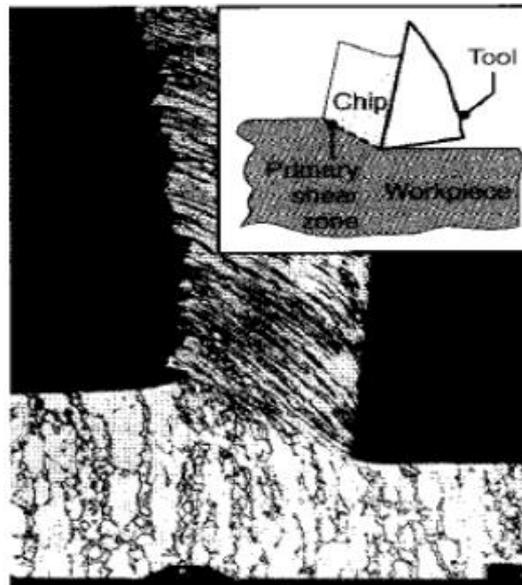
### 2.6 Mekanisme Pembentukan Geram Bentuk Geram (Chip)

Geram atau chip merupakan dari material yang terbuang yang dihasilkan dari proses permesinan, selama proses pembubutan berlangsung. Bahan dibuang akibat perputaran benda kerja sebagai suatu geram. Mekanisme pembentukan geram. Logam yang pada umumnya bersifat ulet apabila mendapat tekanan akan timbul timbul tegangan (*stress*) didaerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari pahat dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearung stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutus material geram diujung pahat lingkaran gaya pemotongan.

Adapun komponen pembentukan geram diantaranya:

1. Gaya pada proses deformasi material: Gaya Geser ( $F_s$ ), gaya normal pada bidang geser ( $F_{sin}$ ).
2. Gaya pengukuran dinamometer: Gaya potong ( $F_v$ ), Gaya Makn ( $F_s$ ).
3. Gaya yang bereaksi pada bidang geram: gaya gesek ( $F_Y$ ), gaya normal pada bidang geram ( $F_{Yn}$ ).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk dari geram, yaitu gerak pemakanan, material benda kerja, sudut pemakanan dan kondisi pemotongan. Secara garis besar bentuk dari geram dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:



Gambar 2.17 Geram Kontinu

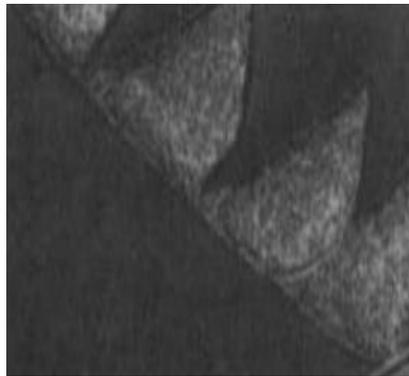
#### 1. Geram Kontinu (*continuous*)

Geram kontinu dihasilkan pada permesinan untuk bahan yang ulet yang dan geram ini dikelompokkan dengan jenis penampang lintang yang seragam (uniform

cross-section). Selain itu geram ini terjadi pada kecepatan potong tinggi dengan feed yang rendah.

## 2. Geram Bersegmen (*segmented*)

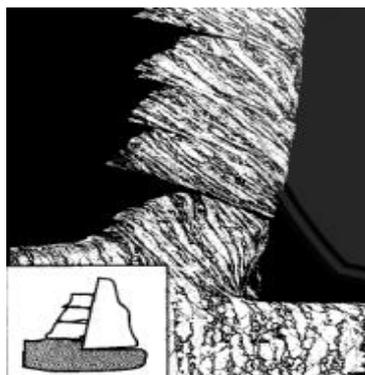
Geram bersegmen atau geram seperti mata geraji adalah geram semikontinu dan memiliki kawasan regangan geser yang kecil (untuk geram kontinu) dan regangan geser yang tinggi (untuk geram yang tidak kontinu), merupakan geram bersegmen.



Gambar 2.18 Geram Bersegmen

## 3. Geram Tidak Kontinu (*discontinuouos chips*)

Geram yang tidak kontinu terbentuk pada permesinan untuk bahan yang getas (brittle) pada kecepatan pemotongan rendah, pemakanan dan kedalaman pemotongan yang tinggi dan gesekan antar pahat dan geram yang tinggi. merupakan geram tidak kontinu.



Gambar 2.19 Geram Tidak Kontinu

## ***2.7 Dino Lite Microscop***

*Dino Lote Microscop* adalah salah satu jenis mikroskop portable yang menggunakan lensa untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisa namun dengan ukuran yang kecil.

Pada sebuah alat *microscop* terdapat beberapa peralatan utama, yang pertama pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpancar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.