

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam melakukan pembuatan produk pemesinan banyak proses yang harus dilalui dengan berbagai macam mesin perkakas, salah satunya adalah proses *turning* atau bubut. Pada proses tersebut banyak faktor-faktor atau parameter yang mempengaruhi hasil dari proses pembubutan. Selain itu penanganan terhadap pembuatan komponen harus cermat dan teliti sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam proses produksi.

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah suatu bentuk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Ada beberapa kelompok proses pemotongan yang salah satunya dengan proses pemotongan menggunakan mesin perkakas, yaitu proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Dalam istilah teknik proses ini disebut dengan nama pemotongan logam (*metal cutting process*) atau proses permesinan (*machining process*).

Saat ini dalam dunia industri penggunaan terutama mesin bubut CNC untuk operator kurang diperhatikan dalam penggunaan pahat potong. Kemampuan jenis pahat belum benar-benar diperhatikan untuk sudut pemakanan yang tepat supaya pahat tidak mudah aus (pahat berumur panjang) yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan proses produksi. Penelitian ini dilakukan dengan meneliti sejauh mana pengaruh kecepatan pemakanan terhadap keausan pahat HSS pada proses pembubutan baja S45C dengan menggunakan mesin konvensional.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah diatas, maka perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah :

1. Mengetahui pengaruh sudut pemotongan terhadap keausan pahat bubut
2. Mengetahui hasil dari kualitas permukaan produk setelah dilakukan proses pembubutan,
3. Mengetahui keausan dan umur pahat pemotongan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mencegah pelebaran masalah, maka peneliti menerapkan batasan sebagai berikut :

1. Pahat potong yang digunakan adalah pahat HSS
2. Benda kerja yang digunakan adalah baja karbon sedang berjenis S45C dengan ukuran panjang 240 mm dan diameter 40 mm.
3. Variasi sudut potong utama adalah  $65^{\circ}$  ,  $75^{\circ}$  ,  $85^{\circ}$
4. Kedalaman pemakanan (a) benda kerja 1 mm.
5. Kecepatan pemotongan ( $V_c$ ) 78.5 m/min.
6. Proses pemesinan menggunakan mesin bubut konvensional.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Dari latar belakang diatas, dapat disimpulkan bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut pemotongan utama terhadap keausan pahat dan hasil dari proses pemesinan terhadap kualitas benda kerja yang dihasilkan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan penelitian diatas, dapat diambil manfaat penelitian yaitu :

1. Dapat mengetahui pengaruh sudut potong terhadap keausan mata pahat
2. Dapat mengetahui pengaruh sudut potong terhadap kualitas hasil proses pembubutan
3. Dapat menjadi referensi bagi bengkel – bengkel bubut agar memudahkan dalam melakukan proses pembubutan

## **BAB 2**

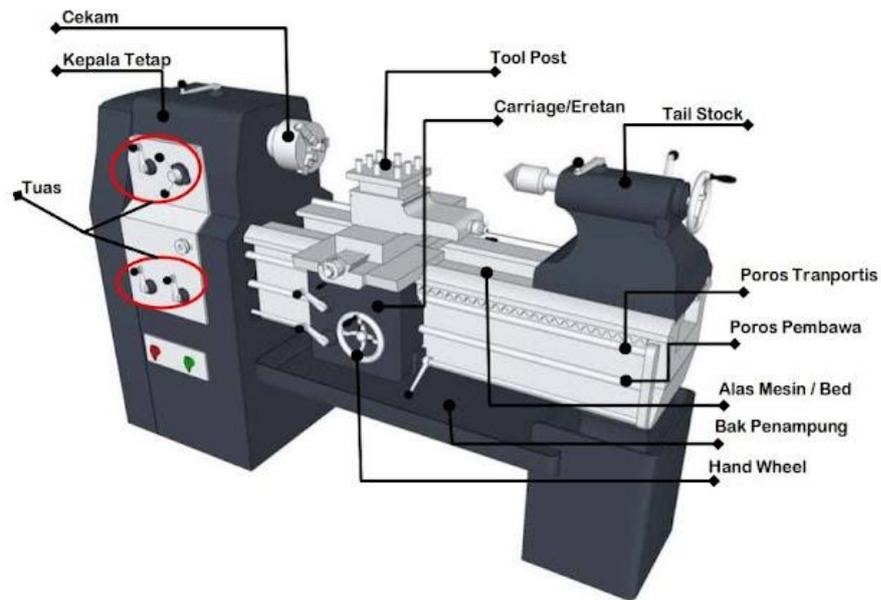
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mesin Bubut Konvensional**

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu.

Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan bentuk dan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.

Pada kelompok mesin bubut juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis, baik yang dilayani dengan sistem hidraulik ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan benda berukuran besar seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan. Adapun bagian – bagian pada mesin bubut dan fungsinya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 1 Mesin Bubut Konvensional

### 2.1.1 Bagian – Bagian Utama Mesin Bubut

Pada sebuah mesin bubut terdapat beberapa bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut :

#### 1. Sumbu Utama (Main Spindle)

Sumbu utama merupakan bagian mesin bubut yang berfungsi sebagai dudukan chuck (cekam) yang didalamnya terdapat susunan roda gigi yang dapat digeser-geser melalui handle/tuas untuk mengatur putaran mesin sesuai kebutuhan pembubutan.

#### 2. Meja Mesin (bed)

Meja mesin merupakan tumpuan gaya pemakanan waktu dan waktu pembubutan. Meja mesin berfungsi sebagai tempat dudukan kepala lepas dan eretan. Bentuk alas ada berbagai macam, ada yang datar dan ada juga yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu.

### 3. Eretan (*Carriage*)

Eretan merupakan bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai pembawa dudukan pahat potong. Eretan terdiri dari beberapa bagian seperti engkol dan transporter.

### 4. Kepala Lepas (Tail Stock)

Kepala lepas digunakan sebagai dudukan senter putar sebagai pendukung benda kerja pada saat pembubutan, dudukan bor tangkai tirus dan cekam bor sebagai menjepit bor.

### 5. Penjepit Pahat (Tools Post)

Penjepit pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat potong yang bentuknya ada beberapa macam. Jenis ini sangat praktis dan dapat menjepit pahat empat buah sekaligus sehingga dalam suatu pengerjaan bila memerlukan empat macam pahat dapat dipasang dan disetel sekaligus.

### 6. Tuas Pengatur Kecepatan Sumbu Utama Dan Plat penunjuk Kecepatan

Tuas pengatur kecepatan berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran mesin sesuai hasil dari perhitungan atau pembacaan dari tabel putaran. Plat tabel kecepatan sumbu utama menunjukkan angka-angka besaran kecepatan sumbu utama yang dapat dipilih sesuai dengan pekerjaan pembubutan.

### 7. Transporter dan Sumbu Pembawa

Transporter atau poros transporter adalah poros berulir segi empat atau trapesium yang biasanya memiliki kisar 6mm, digunakan untuk membawa eretan pada saat melakukan pekerjaan otomatis, Misalnya saat membubut ulir, alur atau pekerjaan pembubutan lainnya sedangkan sumbu pembawa berfungsi mendukung jalannya eretan.

## 8. Chuck (Cekam)

Cekam adalah alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja. Jenisnya ada yang berahang tiga sepusat (*Self centering chuck*) dan ada juga yang berahang tiga dan berahang empat tidak sepusat (*Independenc chuck*). Cekam rahang tiga sepusat digunakan untuk benda-benda silindris dimanagerakan rahang bersama-sama pada dikencangkan atau dibuka sedangkan rahang tiga atau empat tidak berpusat setiap rahang dapat bergerak sendiri tanpa diikuti oleh rahang yang lain, maka jenis ini biasanya untuk mencekam benda-benda yang tidak berbentuk silindris atau digunakan pada saat pembubutan eksentrik.

## 9. Bak Penampung

Bak penampung berfungsi untuk menampung Tatal atau barang yang dihasilkan benda kerja dan juga menampung coolant yang dialirkan saat proses pembubutan.

### 2.1.2 Prinsip Gerakan-Gerakan Dalam Proses Pembubutan.

Dalam proses pengerjaan menggunakan mesin bubut, ada beberapa prinsip gerakan yaitu :

1. Gerakan berputar benda kerja pada sumbu disebut (*cutting motion*) artinya putaran utama dan kecepatan potong (*cutting speed*) merupakan gerakan memakan atau mengurangi benda kerja dengan menggunakan pahat potong.
2. Pahat yang bergerak maju secara teratur akan menghasilkan geram / serpih / tatal (*chip*). Gerakan tadi disebut kecepatan potong (*feed motion*).

3. Bila pahat dipasang dalam pemotongan (*depth of cutting*), pahat dimajukan ke arah melintang sampai kedalaman pemotongan yang dikehendaki gerakan ini disebut (*adjusting motion*).

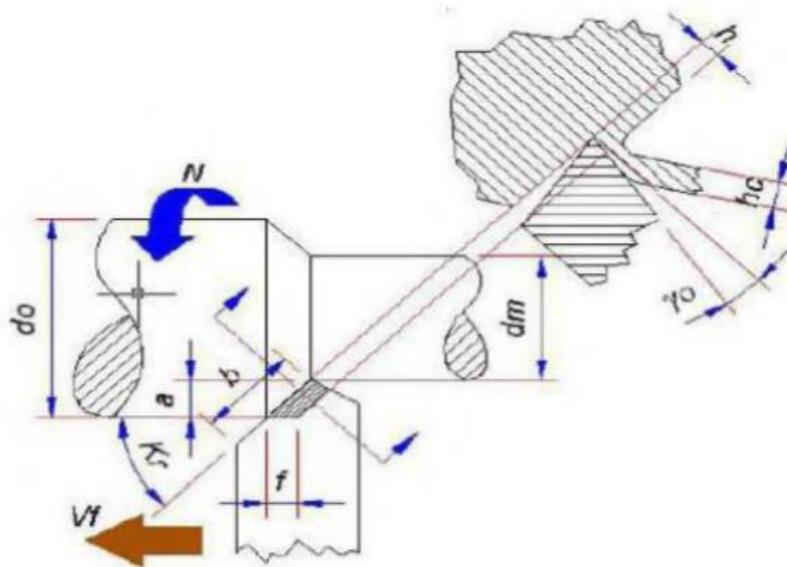
### 2.1.3 Jenis-Jenis Pekerjaan Yang Dapat Dilakukan Dengan Mesin Bubut

Dalam praktek dilapangan mesin bubut dapat mengerjakan pekerjaan pemotongan benda kerja sebagai berikut :

1. Pembubutan Muka (*facing*), yaitu proses pembubutan yang dilakukan pada tepi penampangnya atau tegak lurus terhadap sumbu benda kerja, sehingga diperoleh permukaan yang halus dan rata.
2. Pembubutan Rata (*pembubutan silindris*), yaitu pengerjaan benda yang dilakukan sepanjang garis sumbunya, membubut silindris dapat dilakukan sekali atau dengan permukaan kasar yang kemudian dilanjutkan dengan pemakanan sampai permukaan halus atau disebut (*finishing*).
3. Pembubutan Ulir (*threading*), adalah pembubutan ulir dengan menggunakan pahat ulir.
4. Pembubutan Tirus (*Taper*), yaitu proses pembubutan benda kerja berbentuk konis. Dalam pelaksanaannya pembubutan tirus dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu memutar eretan atas (peletakan majemuk), pergeseran kepala lepas (*tail stock*) dan menggunakan perlengkapan tirus (*tapper attachment*).
5. Pembubutan (*Drilling*), yaitu pembubutan dengan menggunakan mata bor (*drill*) sehingga akan diperoleh lubang pada benda kerja. Pekerjaan ini merupakan pekerjaan awal dari pekerjaan bubut dalam (*boring*).
6. Peluasan Lubang (*boring*), yaitu proses pembubutan yang bertujuan untuk memperbesar lubang. Proses bubut ini menggunakan mata pahat dalam.

### 2.1.3 Parameter yang Dapat Diatur Pada Mesin Bubut

Ada tiga parameter utama pada setiap proses bubut antara lain kecepatan putaran spindle (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Tiga parameter di atas adalah bagian bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut, kecepatan putar selalu terhubung dengan sumbu utama dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rpm). Kemudian dari ketiga parameter tersebut, untuk menghitung kecepatan potong dari suatu proses pembentukan benda kerja pada mesin bubut dengan menggunakan yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Proses Pembubutan

#### 1. Kecepatan Putaran *Spindle*

Proses pemesinan ada beberapa faktor yang mempengaruhi tentang kekasaran suatu benda kerja, salah satunya adalah kecepatan putaran spindle. Menurut

Widarto (2008:145) “kecepatan putaran  $n$  (speed), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindle) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putara per menit (rotation per minute, rpm)”. Jadi kecepatan putaran mesin bubut dapat disimpulkan sebagai kemampuan kecepatan putar spindle suatu mesin bubut untuk melakukan pemyayatan menggunakan alat potong terhadap permukaan benda kerja dalam satuan putaran/menit.

$$V_c = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$V$  = Kecepatan Potong (m/menit)

$d$  = Diameter rata – rata (mm)

$n$  = Kecepatan Putar (rpm)

$d_o$  = Diameter awal (mm)

$d_m$  = Diameter akhir (mm)

$\pi$  = 3.14

Jadi dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran spindle (rpm) sebanding dengan kecepatan potong (m/menit), sehingga semakin tinggi kecepatan putaran spindle, maka semakin besar juga kecepatan potongnya.

## 2. Kecepatan Pemakanan (*feeding*)

Gerak pemakanan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja yang dicekam berputar satu kali, sehingga satuannya adalah mm/putaran. Gerak pemakanan ditentukan berdasarkan kekuatan suatu mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan.

Gerak pemakanan tersebut sekitar  $1/3$  sampai  $1/20$  a, atau sesuai dengan kehalusan permukaan benda kerja yang dikehendaki. (Widarto, 2008:146).

$$V_f = f \times n \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

$V_f$  = Kecepatan makan (mm/menit)

$f$  = Gerak makan (mm/r)

$n$  = Kecepatan Putar (rpm)

Gerak pemakanan ini terdapat dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut. Untuk memperoleh gerak pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur tuas pengatur gerak yang terpadat di mesin bubut. Jadi besarnya kecepatan pemakanan dipengaruhi juga oleh besarnya pemakanan (mm/putaran) dan besarnya kecepatan putaran mesin bubut.

### 3. Kedalaman Pemakanan (Depth of cut)

Kedalaman potong,  $a$  (depth of cut), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. 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. (Ruli Adrianto, 2010:9). Kedalaman pemakanan dapat diartikan dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan ataupun tebalnya tatal bekas bubutan.

Kedalaman permukaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{(d_o - d_m)}{2} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

a = Kedalaman potong (mm)

$d_o$  = Diameter awal (mm)

$d_m$  = Diameter akhir (mm)

#### 2.1.4 Jenis-Jenis Pekerjaan Yang Dapat Dilakukan/ Dikerjakan Dengan Mesin Bubut

Dalam prakteknya dilapangan mesin bubut dapat mengerjakan pekerjaan pemotongan benda kerja sebagai berikut :

1. 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.
2. Pembubutan Rata (pembubutan silindris), yaitu pengerjaan benda yang dilakukan sepanjang garis sumbunya. Membubut silindris dapat dilakukan sekali atau dengan permulaan kasar yang kemudian dilanjutkan dengan pemakanan halus atau finishing.
3. Pembubutan ulir (*threading*), adalah pembuatan ulir dengan menggunakan pahat ulir.
4. 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 (*tail stock*), dan menggunakan perlengkapan tirus (*tapper attachment*).
5. Perluasan lubang (*boring*), yaitu proses pembubutan yang bertujuan untuk memperbesar lubang. Pembubutan ini menggunakan pahat bubut dalam.

6. 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).

## 2.2 Kekasaran Permukaan

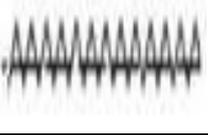
Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau dengan skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrobiometri. Sementara itu yang tergolong makrobiometri adalah permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik misalnya permukaan poros, lubang, sisi dan lain-lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran bentuk dan posisi. (Taufiq Rochim, 1982).

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan suatu komponen mesin atau peralatan. Banyak hal dimana karakteristik permukaan perlu dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan ketahanan lelah, perekatan dua atau lebih komponen mesin dan sebagainya. Akan tetapi karena terjadi berbagai penyimpangan selama proses pembuatan maka permukaan *geometric ideal (geometrically ideal surface)*, yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna, tidaklah dapat dibuat.

Ketidakteraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat seperti yang terlihat pada table berikut. Tingkat pertama merupakan ketidakteraturan mikrobiometri yaitu keseluruh

permukaan yang membuat bentuk. Tingkat kedua yaitu yang disebut dengan gelombang (*waviness*), merupakan ketidakraturan yang periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar dari kedalamannya (*amplitude*). Tingkat ketiga yaitu alur (*groove*) dan tingkat keempat adalah serpihan (*flake*) dan keduanya lebih dikenal dengan istilah kekasaran (*roughness*).

Tabel 2. 1 Ketidakraturan Suatu Profil

No.	Profil terukur (bentuk grafik hasil pengukuran)	Istilah	Contoh tingkat kemungkinan penyebabnya
1.		Kesalahan Bentuk ( <i>form error</i> )	Kesalahan bidang pembimbing mesin perkakasa dan benda kerja, kesalahan pencekaman benda kerja.
2.		Gelombang ( <i>waviness</i> )	Kesalahan bentuk perkakas, penyenteran perkakas, getaran dalam proses permesinan.
3.		Alur ( <i>grove</i> )	Jejak atau bekas pemotongan (bentuk ujung pahat, gerak makan).
4.		Serpihan ( <i>flake</i> )	Proses pembentukan geram.
5.		Kekasaran permukaan ( <i>surface roughness</i> )	Kombinasi ketidakteraturan tingkat 1 sampai 4.

Kekasaran permukaan (surface roughness) dibedakan menjadi dua, yaitu :

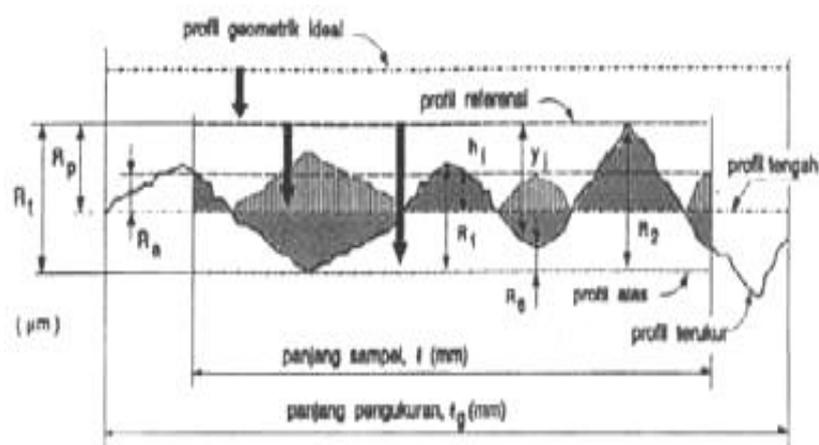
a. Ideal Surface Roughness

Ideal Surface Roughness adalah kekasaran ideal (terbaik) yang bisa dicapai dalam suatu proses pemesinan dengan kondisi ideal. Factor- faktor yang mempengaruhi kekasaran ideal diantaranya :

1. Getaran yang terjadi pada mesin
2. Ketidaktepatan gerakan bagian-bagian mesin
3. Ketidakteraturan feed mechanism
4. Adanya cacat pada material
5. Gesekan antara chip dan material.

b. Natural Surface Roughness

Natural Surface Roughness adalah kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses permesinan karena adanya berbagai factor yang mempengaruhi proses pemesinan tersebut.



Gambar 2. 3 Posisi Profil Referensi, Profil Tengah Dan Profil Alas Terhadap Profil Terukur Untuk Satu Panjang Sampel

Profil permukaan terdiri dari :

1. Profil geometric ideal ialah profil permukaan yang sempurna dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur (measured profil), merupakan profil permukaan terukur.
3. Profil referensi adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakrataan konfigurasi permukaan.
4. Profil akar/alas yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
5. Profil tengah adalah profil yang digeserkan ke bawah sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah diatas profil tengah sampai profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah- daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur.

Berdasarkan profil-profil di gambar di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah memanjang. Untuk dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter yaitu:

1. Kekasaran total (peak to valley height/total height),  $R_t$  ( $\mu\text{m}$ ) adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (depth of surface smoothness/peak to mean line),  $R_p$  ( $\mu\text{m}$ ) adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmetik (mean roughness index/center line average, CLA),  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ ) adalah harga rata-rata aritmetik dibagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

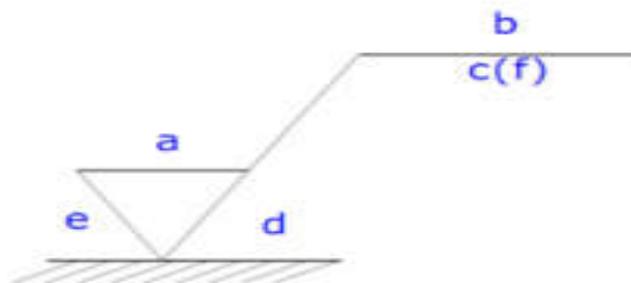
$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |h_i| dx \dots\dots\dots 2.4$$

4. Kekasaran rata-rata kuadratik (root mean square height),  $R_q$  ( $\mu\text{m}$ ) adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_g = \sqrt{\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} h_i^2 dx} \dots\dots\dots 2.5$$

5. Kekasaran total rata-rata, Rz ( $\mu\text{m}$ ) adalah jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Parameter kekasaran yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja adalah kekasaran rata-rata (Ra). Harga Ra lebih sensitive terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Toleransi harga Ra, seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran.



Gambar 2. 4 Pengertian keterangan-keterangan pada simbol

Keterangan :

- A = Nilai kekasaran permukaan (Ra) atau tingkat kekasaran
- B = Cara pengerjaan
- C = Panjang sampel
- D = Arah bekas pengerjaan
- E = Kelebihan ukuran yang dikehendaki
- (f) = Nilai kekasaran lain, jika diperlukan

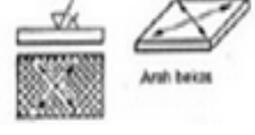
Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses

permesinan, baik itu proses pembubutan, penyekrapan, pengefraisan, akan mengalami kekasaran permukaan dimana nilai-nilai kekasaran aritmatik ( $R_a$ ) telah diklasifikasikan oleh ISO menjadi 12 tingkat kekasaran, dari mulai N1 yang paling halus sampai N12 yang paling kasar dengan arah bekas pengerjaan tertentu dengan simbol tertentu pula, dari hal tersebut diatas dapat ditentukan nilai kekasaran permukaan pada level tertentu, apakah benda kerja tersebut mengkilap, halus, maupun kasar.

Tabel 2. 2 Nilai kekasaran dan tingkat kekasaran menurut ISO

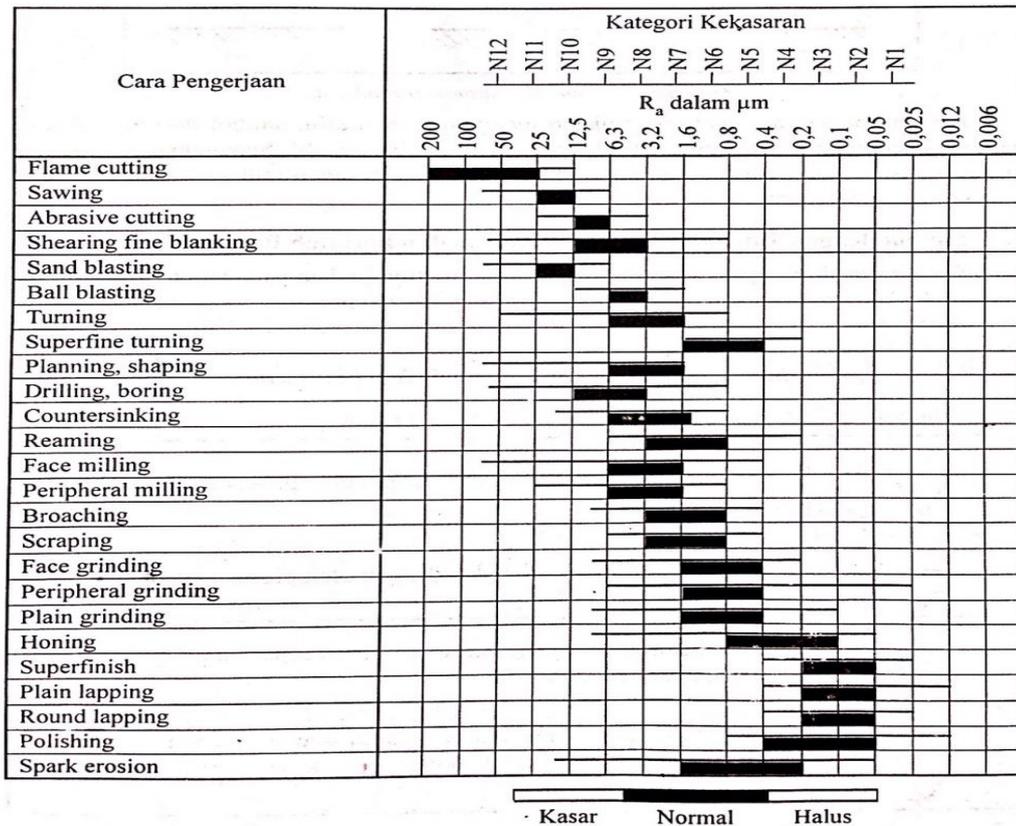
Harga Kekasaran, $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Angka Kelas Kekasaran	Panjang Sampel
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,005	N2	
0,025	N1	0,08

Tabel 2. 3 Tabel Simbol arah bekas pengerjaan

Simbol	Arah serat yang diinginkan	Gambar
<b>=</b>	Sejajar terhadap bidang proyeksi.	
<b>⊥</b>	Tegak lurus terhadap bidang proyeksi.	
<b>X</b>	Diagonal (menyilang) terhadap bidang proyeksi.	
<b>M</b>	Saling membelit dari segala arah.	
<b>C</b>	Melingkar terhadap titik pusat permukaan.	
<b>R</b>	Radial terhadap titik pusat permukaan.	

Angka kekasaran (ISO number) dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kesalahan interpretasi atas satuan harga kekasaran. Jadi spesifikasi kekasaran dapat langsung dituliskan nilainya atau dengan menuliskan angka kekasaran ISO. Panjang sampel pengukuran disesuaikan dengan angka kekasaran yang dimiliki oleh suatu permukaan. Apabila panjang sampel tidak dicantumkan didalam penulisan symbol berarti panjang sampel 0,8 mm (bila diperkirakan proses permesinannya halus sampai sedang) dan 2,5 mm (bila diperkirakan proses permesinan kasar).

Tabel 2. 4 Nilai kekasaran yang dicapai oleh beberapa cara pengerjaan



### 2.2.1 Pengujian Kekasaran Permukaan

Ada beberapa pengujian yang sudah pernah dilakukan untuk menemukan hasil, Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga pahat potong berbeda , putaran mesin 1000 rpm dan kecepatan potong 50mm/menit. Pengujian kekasaran dilakukan di laboratorium Universitas Diponegoro dengan menggunakan *Surface Roughness Tester (Mitutoyo-SJ 310)*. Hasil dari pengujian kekasaran permukaan adalah sebagai berikut:

NAMA	INSTITUSI
SLAMET RIADI	Jurusan Teknik Mesin
Agung Nugroho	Fakultas Teknik

Sendie Yulianto Margen	Universitas Wahid Hasyim.
------------------------	---------------------------

Tabel 2. 5 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

No	Jenis Pahat Potong	Kecepatan Mesin	Kecepatan Potong	Kekasaran Permukaan (Ra)
1.	Pahat Potong HSS	1000 Rpm	50mm/menit	1,33 $\mu\text{m}$
2.	Pahat Potong Insert	1000 Rpm	50mm/menit	1,14 $\mu\text{m}$
3.	Pahat Potong Karbida	1000 Rpm	50mm/menit	1,84 $\mu\text{m}$

Dari hasil tersebut menunjukkan nilai yang paling kasar adalah pahat karbida sebesar 1,84  $\mu\text{m}$  , sedangkan pahat insert mempunyai nilai kekasaran di atas pahat karbida sebesar 1,33  $\mu\text{m}$  sehingga kekasaran permukaan yang paling halus terjadi pada pahat HSS sebesar 1.14  $\mu\text{m}$ . Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin kecil dan terlalu tinggi putaran mesin mempunyai pengaruh pada kekasaran permukaan sehingga terlalu rendah putaran dan terlalu tinggi putaran mesin menyebabkan kekasaran permukaan semakin kasar . Dilihat dari tabel ISO tentang kekasaran permukaan, penelitian ini dapat dikatakan tidak memiliki pengaruh besar dikarenakan nilainya berada dalam satu ketelitian yaitu pada N7 kisaran standard 0,9 – 1,9 (Sconmetz Alois Dan Gruber Karl, 2013).

### 2.3 Pahat Potong

Proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan cara mempertemukan dua jenis material, yaitu benda kerja dan pahat. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul

dari pada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan berbagai segi yaitu :

1. Kekerasan; yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruang melainkan juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan; yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu pemesinan dengan interupsi maupun sewaktu memotong benda kerja yang mengandung partikel/bagian yang keras (hardspot).
3. Ketahanan beban kejut termal; diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala/periodik.
4. Sifat adhesi yang rendah; untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
5. Daya larut elemen/komponen material pahat rendah; dibutuhkan demi untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

Kekerasan yang rendah dan daya adhesi yang tinggi tidak diinginkan sebab mata potong akan terdeformasi, terjadi keausan flank dan crater yang besar. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang menimbulkan kerusakan fatal. Berikut ini jenis material pahat dari yang paling lunak tetapi ulet sampai paling keras tetapi getas (Taufiq Rochim, 2007) :

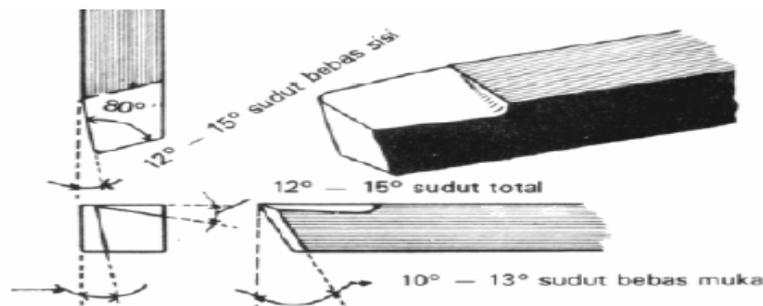
- 1 . Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel; Carbon Tool Steels)
- 2 . HSS (High Speed Steels; Tool Steels)
3. Paduan Cor Nonferro (Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides)
- 4 . Karbida (Cemented Carbides; Hardmetals)

- 5 . Keramik (Ceramics)
- 6 . CBN (Cubic Boron Nitrides) Intan
7. Sintered Diamonds dan Natural Diamond

### 2.3.1 Pahat Potong HSS (High Speed Steel)

Yang dimaksud dengan alat potong adalah alat/pisau yang digunakan untuk menyayat produk/benda kerja. Dalam pekerjaan pembubutan salah satu alat potong yang sering digunakan adalah pahat bubut. Jenis bahan pahat bubut yang banyak digunakan di industri-industri dan bengkel-bengkel antara lain baja karbon, HSS, karbida, diamond dan ceramik.(Wirawan, 2008:253).

Dalam penelitian kali ini dikhususkan untuk peneliti pahat bubut yaitu pahat HSS (*high speed steel*). Fungsi dari pahat bubut sendiri adalah untuk mengurangi dimensi dari benda kerja dengan cara menyayat benda kerja silindris.dalam proses pembubutan, pahat bubut berperan sangat penting oleh karena itu dimensi dan geometri pahat bubut harus sesuai agar benda kerja yang dihasilkan nantinya sesuai dengan keinginan dengan kekasaran yang minim.



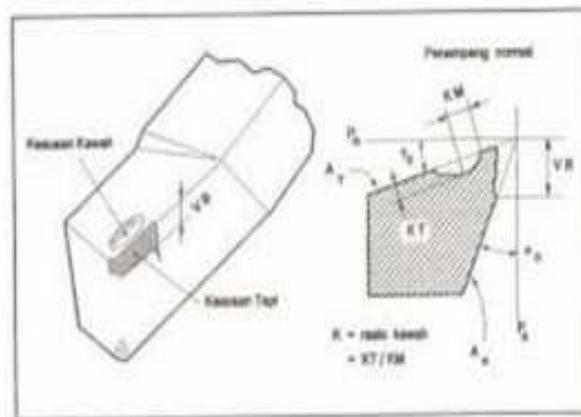
Gambar 2. 5 Skematik Pahat Potong HSS

### 2.4 Keausan Pahat

Pada dasarnya kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi pada umumnya mulai

dengan pertumbuhan yang relative 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 pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong.

Karakteristik beberapa ragam aus pahat yang mungkin terjadi seperti pada (gambar 2.9) seperti berikut :



Gambar 2. 6 Kausan Tepi (Flank Wear) Dan Keausan Kawah (Creater Wear)

1. Permukaan kawah ( creater ) dihasilkan dari suhu pemotongan dan akasi serpihan yang mengalir sepanjang permukaan sadak (rake face).
2. Aus pada sisi tepi (flank) VB adalah aus sisi pahat yang berupa aus mekanis abrasife terjadi pada sisi rusuk pahat karena perubahan bentuk ujung pahat potong.
3. Perubahan bentuk plastic, keretakan thermal, keausan ujung pahat, tarikan dalamnya pemotongan, BUE (Build Up Edge), patah rapuh (Brittle Fracture)

Persamaan umur pahat Taylor digunakan untuk menentukan umur pahat dengan kecepatan potong dengan umur pahat (Taufiq Rochim 2007).

$v$  = kecepatan potong (m/menit);  $n$  = harga eksponen

$T$  = waktu pembubutan (menit)

$C_1$  = konstanta umur pahat

#### 2.4.1 Keausan Alat Iris

Seperti yang telah diperkirakan, keausan alat iris dapat terjadi dalam beberapa bentuk dan semua mekanisme keausan yaitu sebagai berikut :

##### 1. Keausan di bidang telapak

Gesekan yang interatif antara telapak alat iris dengan permukaan benda kerja yang baru terbentuk yang mengakibatkan terbentuknya wilayah aus.

##### 2. Keausan tarik

Sebuah alur dengan kedalaman  $VN$  sering terbentuk pada garis kedalaman potong dimana alat iris mengernai bahu benda kerja.

##### 3. Keausan bentuk kawah

Suhu tinggi yang terjadi dimana sisi potong alat iris digabungkan dengan tegangan geser dapat menciptakan bentuk kawah yang tidak jauh dari tepi sisi potong alat iris.

4. Pembulatan sisi tepi alat potong Tepi sisi alat potong dapat menjadi bulat oleh karena pengikisan, proses pemotongan selanjutnya akan dilakukan dengan sudut tatal yang semakin negatif terhadap bagian dasar pemotongan.

5. Terkelupasnya tepi sisi potong Ini dapat disebabkan oleh pecahnya secara periodik atau penggunaan alat yang getas dalam pemotongan yang terputus-putus.

#### 6. Keretakan tepi sisi potong

Pembebanan mekanis yang periodic akan mengakibatkan keretakan yang sejajar dengan tepi sisi potong alat iris sementara panas mengakibatkan keretakan yang tegak lurus dengan tepi sisi potong.

#### 7. Kegagalan fatal

Alat-alat iris yang terbuat dari bahan-bahan yang lebih getas dapat tiba-tiba mengalami kegagalan (patah). Ini adalah hal yang lazim untuk alat iris dari bahan yang getas, khususnya keramik dalam pemotongan terputus-putus.

Keausan pahat akan tumbuh dan membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat dipergunakan lagi dengan nama lain umur pahat telah habis.

### **2.5 Geometri Pahat**

Geometri/ bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminology standar diajukan untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*).

Proses permesinan menggunakan pahat sebagai perkakas potongnyadan geometri pahat tersebut merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses permesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat, kondisi pemotongan sehingga salah satu atau beberapa objekif seperti tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusnya permukaan, dan ketelitian geometri produk dapat tercapai. Untuk itu disini akan membahas optimasi

geometri pahat bubut yaitu sudut-sudut pahat.

a. Sudut Miring

Sudut miring mempunyai arah aliran geram, bila harga nol maka aliran geram tegak lurus mata potong. Dengan adanya sudut miring, maka panjang kontak antara pahat dan benda kerja menjadi lebih diperpanjang. Temperature bidang kontak akan mencapai harga minimum bila  $= +5^\circ$  untuk proses penghalusan (*finishing*) dan  $-5^\circ$  untuk proses pengasaran.

b. Sudut Potong Utama ( $K_r$ )

Sudut potong utama mempunyai peran antara lain :

1. Menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h)
2. Menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat, dan
3. Menentukan besarnya gaya radial  $F_x$  Gaya radial akan membesar dengan pengecilan  $K_r$ , hal ini akan menyebabkan lenturan yang besar ataupun getaran sehingga menurunkan ketelitian geometrid dan hasil pemotongan terlalu besar.

c. Sudut Potong Bantu ( $K'_r$ )

Pada prinsipnya sudut potong bantu dipilih sekecil mungkin karena selain memperkuat ujung pahat, maka kehalusan produk dapat dipertinggi. Yang menjadi kendala adalah kekakuan system pemotongan karena ( $K'_r$ ), yang kecil akan dipertinggi gaya radial ( $F_x$ ), sebagai petunjuk :

1. System pemotongan yang kaku,  $K'_r = 5^\circ$  s.d  $10^\circ$
2. System pemotongan yang lemah,  $K'_r = 10^\circ$  s.d  $20^\circ$

d. Radius Pojok ( $r_c$ )

Radius pojok berfungsi untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama S dengan mata potong minor S' dan selain itu menentukan kehalusan permukaan hasil potongan. Untuk  $r_c$  yang relative besar, maka bersama-sama dengan gerak makan yang dipilih sehingga mempengaruhi kehalusan permukaan produk.

## 2. 6 Sifat Pahat Terhadap Temperatur dan Kekerasan.

Kekerasan berbagai jenis pahat pada temperature kerja yang tinggi ( *Hot Hardness*) dan kekerasan pada temperature ruang yang setelah pahat yang bersangkutan mengalami temperature kerja yang tinggi selama beberapa saat *recovery hardness*.

Tabel 2. 6 Perbandingan Sifat Pahat Terhadap Kekerasan Pada Temperatur

Bahan Pahat	Kecepatan Potong (m/menit)	Temperature (°C)	Kekerasan (HRA)
Baja Karbon	10	300	60
HSS	25 – 65	650	83 – 86
Paduan Kobalt Cor	50 – 200	925	82 – 84
Karbida	650	1200	90 – 95
Keramik	330 – 650	>2000	91 – 95
CBN	500 – 800	1300	4000 – 5000 HK
Intan	3300 - 1500	>650	7000 – 8000 HK

Kekerasan yang rendah dan daya adhesi yang tinggi tidak diinginkan sebab mata potong akan terdeformasi, terjadi keausan flank dan crater yang besar. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang menimbulkan kerusakan fatal. Berikut ini jenis material pahat dari yang paling lunak tetapi ulet sampai paling keras tetapi getas.

1. Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel; Carbon Tool Steels)
2. HSS (High Speed Steels; Tool Steels)
3. Paduan Cor Nonferro (Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides)
4. Karbida (Cemented Carbides; Hardmetals)
5. Keramik (ceramics)
6. CBN (Cubic Boron Nitrides) Intan
7. (Sintered Diamonds dan Natural Diamond )

## **2.7 Baja**

Baja merupakan paduan antara Fe-C dengan kandungan karbon kurang dari 2%. Berdasarkan presentase C, baja dibedakan menjadi tiga jenis yaitu baja karbon rendah (*low carbon steels*), baja karbon sedang (*medium carbon steels*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steels*). Baja juga digolongkan berdasarkan unsur paduannya. Berdasarkan unsur paduannya baja digolongkan menjadi dua yaitu plain carbon steels dan baja paduan (*alloy steels*). Secara garis besar baja dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Baja karbon
  - a. Baja karbon rendah ( <0,30% C)

b. Baja karbon sedang (  $0,30\% < C < 0,70\%$  )

c. Baja karbon tinggi (  $0,70 < C < 1,40\%$  )

Baja karbon rendah digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir, dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk rel kereta api, as, roda gigi, dan suku cadang yang berkekuatan tinggi. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus tahangeseakan.

## 2. Baja paduan

a. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus  $< 8,0\%$  )

b. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus  $> 8,0\%$  )

Baja paduan yang meliputi kurang lebih 15% dari seluruh produksi baja, mempunyai kegunaan khusus karena sifatnya yang unggul dibandingkan dengan baja karbon. Pada umumnya baja paduan memiliki :

1. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangankekuatan tarik.
2. Kemampuan kerasansewaktu dicelup dalam minyak atau udara, dan dengan demikian kemungkinan retak ataudistorsinya kurang.
3. Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung pada jenis paduan.
4. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti bahwa sifatnya tidak banyak berubah.
5. Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi, seperti butir yang halus

Berikut nama-nama dan lambang-lambang dari baja menurut standar beberapa negara serta persamaannya dengan JIS (standar Jepang).

Tabel 2. 7 Nama Dan Lambang Baja

Nama	Standar Jepang (JIS )	Standar Amerika ( AISI ), Inggris ( BS ), dan Jerman ( DIN )

Baja karbon konstruksi mesin	S25C	AISI 1025, BS060A25
	S30C	AISI 1030, BS060A30
	S35C	AISI 1035, BS060A35, DIN C35
	S40C	AISI 1040, BS060A40
	S45C	AISI 1045, BS060A45, DIN C45, CK45
	S50C	AISI 1050, BS060A50, DIN St 50.11
	S55C	AISI 1055, BS060A55
Baja tempa	SF	ASTM A105-73
	40, 45	
Baja nikel khrom	SNC	653M31
	SNC 22	BS En36
Baja nikel khrom molidem	SNCM 1	AISI 4337
	SNCM 2	BS830M31
	SNCM 7	AISI 8645, BS En100D
	SNCM 8	AISI 4340, BS817M40, 816M40
	SNCM22	AISI 4315
	SNCM23	AISI 4320, BS En325
	SNCM25	BS En39B
Baja khrom	SCr 3	AISI 5135, BS530A36
	SCr 4	AISI 5140, BS530A40

Baja dengan kadar karbon medium mempunyai sifat mampu tempa, cold drawing, machining, heat treating (termasuk flame hardening) serta mempunyai sifat ketahanan terhadap aus yang baik dengan melalui perlakuan flame atau induction hardening. Baja ini merupakan salah satu bahan untuk pembuatan kapak, baut, poros, machinery parts, lightly stressed gears, pinions forming dies,

hydraulic shafting, pump shafts, piston rods dan lain-lain.

Material baja S45C memiliki sifat mekanik sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Sifat-Sifat Mekanik Baja S45C

Sifat Mekanik	Baja AISI 1045
Kekerasan	<ul style="list-style-type: none"><li>• 190 HB</li><li>• 30,5 HRC</li></ul>
Tegangan Luluh ( $\sigma_y$ )	43,44 ( kg/mm )
Tegangan Maksimal ( $\sigma_u$ )	67,74 ( kg/mm )
Young's Modulus (GPa)	207 GPa