

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya kemajuan teknologi pada dunia industri, sehingga mempermudah manusia melakukan pekerjaannya, hasil yang diperoleh sangat baik dan efisien karena mesin–mesin tersebut telah diperbaharui menjadi lebih sempurna, sebab telah di desain mesin semi otomatis dan mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi. Perusahaan yang bergerak di bidang engineering menyediakan mesin–mesin untuk proses produksi yang bekerja secara CNC (*Computer Numeric Control*) karena tuntutan yang harus dipenuhi dalam bidang engineering.

Untuk itu diperlukan sebuah mesin yang mampu memenuhi semua tuntutan–tuntutan dalam industri manufaktur. Salah satunya adalah mesin CNC. Dalam industri manufaktur, penggunaan mesin CNC mengalami peningkatan yang cukup besar mengingat produk yang dihasilkan memiliki tingkat kualitas yang jauh lebih baik bila dibandingkan dengan mesin konvensional. Dengan menggunakan mesin CNC, tingkat kepresisian atau ketepatan ukuran yang tinggi dapat tercapai. Kelebihan lain dari mesin CNC adalah dalam memproduksi barang dengan jumlah besar. Dengan menggunakan program dan setingan yang sama, maka produk yang dihasilkan akan sama pulameskipun diulang berkali kali. Mesin bubut CNC berfungsi untuk mengubah bentuk dan ukuran benda kerjadengan cara menyayat benda kerja menggunakan alat potong (pahat) dengan sudut tertentu dan kecepatan pemakanan tertentu pula. Posisi benda kerja searah dengan sumbu

mesin bubut untuk melakukan penyayatan. Adapun hasil dari penyayatanakan menghasilkan beram atau chip (Hadimi, 2008).

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 potongan (Attia *et al.*,2016).

Secara umum industri permesinan untuk melakukan suatu pemotongan logam dengan melakukan proses pemesinan kering.Pemesinan kering atau (dry machining) merupakan suatu proses pemesinan yang tidak menggunakan cairan atau fluida pendinginan dalam proses pemotongan benda tersebut. Dimana fenomena kegagalan pahat dari penggunaan cairan merupakan salahsatu masalah yang banyak dikaji dan mendapat perhatian dalam pengaitannya yang sangat berpengaruh terhadap kekerasan permukaan,ketelitian geometri pahat,produk dan mekanisme keausan pahat serta umur pahat.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh depth of cut terhadap keausan pahat pada proses pembubutan CNC.
2. Untuk mengetahui pengaruh depth of cut terhadap kecepatan pemotongan yang dihasilkan pada proses pembubutan CNC

3. Untuk mengetahui pengaruh depth of cut terhadap kecepatan penghasilgeram.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian dan sejenisnya dalam rangka unruk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang pengaruh feeding terhadap kehausan mata pahat pada pembubutan besi cor kelabu
2. Mengetahui pengaruh depth of cut terhadap kehausan mata pahat setelah melakukan pembubutan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Depth of cut yang digunakan yaitu 2 mm/min sampai 5 mm/min.
2. Material benda kerja yang digunakan besi cor kelabu.
3. Penelitian ini melakukan proses bubut rata bertingkat pada baja karbondengan jenis pahat karbida berlapis.
4. Benda diuji dengan mikroskop

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah proses yang dilakukan untuk mengubah suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong, agar mendapatkan bentuk yang diinginkan dari produsen barang-barang teknik. (Taufik Rochim: 2007).

Proses permesinan dilakukan untuk menciptakan produk melalui beberapa tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis agar menghasilkan suatu produk yang diinginkan dan berguna sesuai fungsinya. (Marsyahyo : 2003).

Proses permesinan merupakan proses lanjutan dalam pembentukan benda kerja atau mungkin juga proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan , dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk sesungguhnya.

2.2 Klasifikasi & Elemen Dasar Permesinan

Komponen mesin yang dibuat dari logam memiliki bentuk yang beraneka ragam. Pada umumnya komponen-komponen tersebut dibuat dengan proses permesinan bahan yang berasal dari proses sebelumnya yaitu proses penuangan (casting) dan proses pengolahan bentuk (metal forming). Karena bentuknya yang beraneka ragam tersebut maka proses permesinan yang dilakukan pun beraneka ragam sesuai bidang yang dihasilkan silindrik atau rata. (Taufiq Rochim : 2007).

Setelah berbagai aspek ditinjau pembuangan geram yang paling cepat dilakukan dengan cara pemotongan, untuk itu ada lima elemen dasar proses permesinan yang yang perlu diketahui, yaitu :

1. Kecepatan potong (cutting speed) : v (mm/min),
2. Kecepatan makan (feeding speed) : v_f (mm/min)
3. Kedalaman Potong (depth of cut) : a (mm),
4. Waktu pemotongan (cutting time) : t_c (min),
5. Kecepatan penghasil geram (rate of metal removal) Z (cm³/min)

Kelima elemen dasar proses permesinan ini dihitung berdasarkan dimensi bend kerja dan pahat serta besaran mesin perkakas yang digunakan.

2.3 Mesin Bubut CNC

CNC singkatan dari Computer Numerically Controlled, merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N dan G (Gkode) yang mengatur kerjasistem peralatan mesinnya, yakni sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang digunakan untuk membuat komponen/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). Parameter sistem operasi/ sistem kerja CNC dapat diubah melalui program perangkat lunak (software load program) yang sesuai. (Wirawan Sumbodo, 2008 : 403).



Gambar 2.1 : Mesin Bubut CNC

Dalam proses bubut yang diutamakan adalah kecepatan potong (cutting speed atau v) dan kecepatan pemakanan (feeding speed atau v_f) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat /keliling benda kerja secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar dan kecepatan pemakanan digambarkan gerakan makan mata pahat dikalikan dengan kecepatan putaran benda kerja.

2.3.1 Jenis-jenis Mesin Bubut CNC

Pada dasarnya desain atau tipe mesin bubut CNC didesain sesuai dengan kebutuhannya. Sesuai kebutuhannya mesin bubut CNC dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Mesin bubut kecil
2. Mesin bubut sedang
3. Mesin bubut besar

Ketiga mesin bubut ini memiliki sistem kerja yang sama, tetapi yang berbeda hanya kegunaannya dipergunakan. Mesin bubut CNC kecil dapat ditemukan di sekolah-sekolah atau tempat pelatihan, yang biasa dipergunakan untuk belajar pengoperasian dan untuk penelitian. Sedangkan mesin bubut besar dan sedang dapat kita temukan dipergunakan-perusahaan. Hal ini disesuaikan dengan

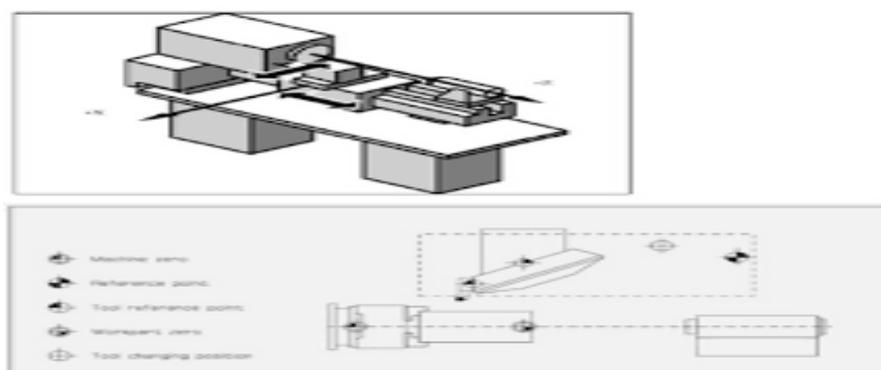
tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja, berkualitas sama baiknya, dalam jangka waktu yang sama dan dengan jumlah yang banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin bubut CNC (Computer Numerically Controlled) yaitu mesin yang dapat bekerja melalui pemrograman yang dilakukan dan dikendalikan melalui komputer. (Wirawan Sumbodo, 2008)

2.3.2 Sistem Persumbuan Mesin Bubut CNC

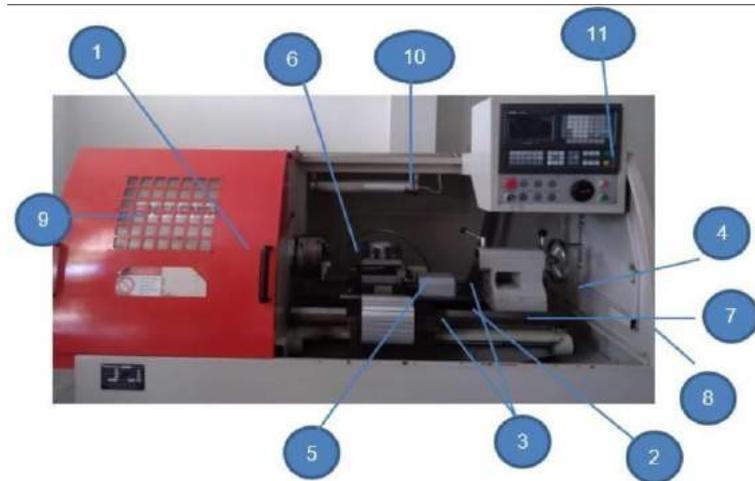
Mesin bubut CNC mempunyai prinsip gerak dasar seperti halnya mesin bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Y. Sistem kerja mesin bubut CNC sama seperti mesin bubut konvensional yaitu benda kerja yang dicekam bergerak sedangkan mata pisanya diam. Untuk arah gerakan pada mesin bubut diberi tanda sebagai berikut:

1. Sumbu x untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Untuk memperjelas fungsi dari sumbu sumbu yang terdapat pada mesin bubut CNC ini dapat dilihat gambar berikut.



Gambar 2.2 Sistem Kordinat Pada Mesin BubutCNC.



2.3.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC Keterangan :

1. Tombol Emergency
2. Kepala Lepas
3. Rumah Pahat (revolver)
4. Cekam
5. Eretan
6. Panel Control CNC
7. Meja Mesin
8. Control Lock
9. Start
10. Badan Mesin
11. Gambar

2.3 : Bagian-bagian Mesin Bubut CNC

Secara umum mesin bubut CNC terdiri bagian dari 3 bagian, yaitu bagian mekanik serta bagian kontrol dan tampilan program.

A. Bagian Mekanik

Bagian-bagian untuk dari bagian mekanik mesin bubut CNC yaitu sebagai berikut :

a. Motor Utama

Motor utama merupakan motor penggerak yang berfungsi untuk memutar spindle utama dimana pada spindle utama tersebut terpasang cekam yang sekaligus akan memutar benda kerja.

b. Eretan

Eretan atau support adalah gerak persumbuan jalannya eretan mesin dalam arah memanjang dan melintang sumbu utama (arah sumbu Z dan sumbu X). Pada mesin bubut CNC umumnya eretan dibagi menjadi dua, yaitu eretan yang memanjang (sumbu X) dan eretan yang melintang (sumbu Z).

c. Step Motor

Step motor adalah motor yang berfungsi sebagai penggerak eretan. Pada eretan terdapat gerak memanjang dan gerak melintang, setiap gerakan tersebut digerakan oleh step motor itu sendiri. Jadi eretan memiliki step motor masing-masing.

d. Resolver

Rumah alat potong (resolver atau tool turret) berfungsi sebagai penjepit alat potong. Resolver ini terpasang pada eretan dimana eretan tersebut digerakan oleh step motor. Jadi resolver ini dapat digerakan secara manual maupun terprogram.

e. Cekam

Cekam berfungsi untuk menjepit benda kerja pada saat proses pemotongan benda

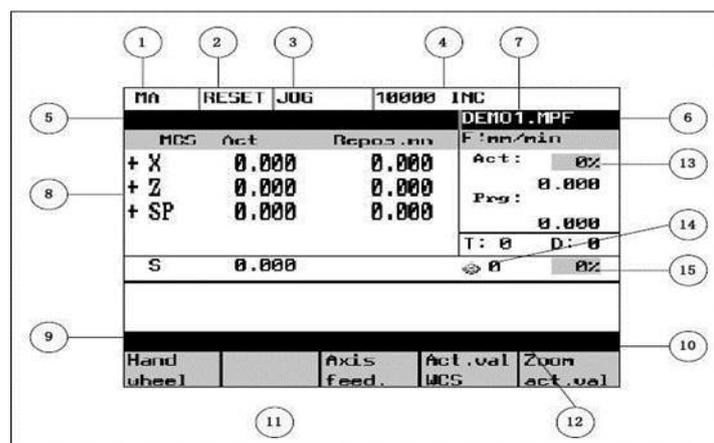
kerja. Cekam terhubung pada spindle utama yang juga terhubung dengan motor utama melalui sabuk.

f. Kepala lepas

Kepala lepas atau tailstock berfungsi sebagai tempat pemasangan senter pada saat proses pembubutan benda kerja yang relatif panjang. Selain itu kepala lepas juga merupakan alat bantu mesin yang digunakan untuk mengerjakan proses kerja sederhana secara manual, seperti mengebor, dan lain sebagainya.

B. Bagian Kontrol dan Tampilan Program

Bagian kontrol merupakan bak kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar. Pada mesin ini terdapat 2 bagian, bagian pertama bagian kontrol perintah langsung, dimana bagian ini terdapat tombol-tombol perintah seperti emergency stop, pengaturan spindle, set manual atau set CNC, setting tool dan lain sebagainya. Dan juga terdapat bagian tampilan program, pada bagian ini terdapat monitor untuk tampilan program dan keyboard untuk mengedit program NC. Kedua bagian tersebut langsung menempel pada mesin CNC. (Lilih,dkk.,2003)



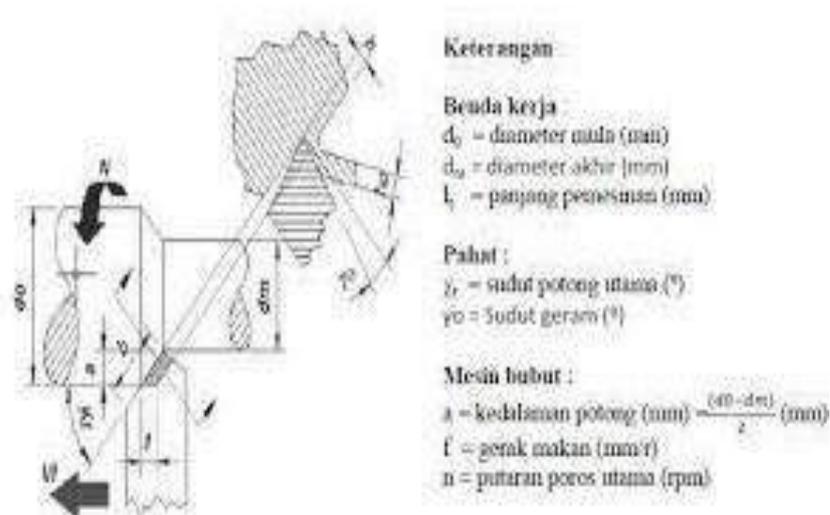
Gambar 2.4 : Tampilan Layar Program Mesin CNC

2.3.3 Cara Kerja Mesin Bubut

Benda kerja diikat atau dioegang dengan suatu alat pemegang atau perangkat yang disebut chuck atau cekam. Cekam ditempatkan pada ujung poros utama mesin bubut dengan sambungan pasak atau sambungan ulir, sehingga benda kerja pada chuck ikut berputar saat mesin dijalankan.

Pahat yang diupasang pada pengikat pahat disebut juga tool-post. Tool-post dapat bergerak sejajar. Dengan benda kerja atau membujur. Alat ini dipasang diatas eretan kecil yang diletakan diatas asutan melintang (*cross slide*), dan keduanya diletakan diatas asutan membujur yang disebut pula support. Karena pahat beserta tool-post nya diletakan diatas asutan melintang, maka pahat dapat bergerak melintang dan membujur. Jadi tebal muka syatan pahat dapat ditambah. (syamsudin,1999

2.3.4 Parameter Pada Mesin Bubut



Gambar 2.5 Parameter Proses Pembubutan

Dalam teori dan teknologi proses permesinan (Rochim,1993) secara umum Pada proses pembubutan terdapat tiga parameter utama yaitu, kecepatan potong (v). Gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Elemen dasar pada proses pembubutan dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan gambar 2.7 diatas dimana kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut:

a. Benda kerja : d_0 = Diameter awal ; mm.

d_m = Diameter akhir ; mm.

l_t = Panjang permesinan

b. Pahat : K_r = mm, sudut potong utama

γ_0 = sudut geram

c. Mesin Bubut : a = Kedalaman Potong

F = gerak makan ; mm/r.

N = putaran poros utama (benda kerja) ; r/mm

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus ini ;

a. Kecepatan potong

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \text{m/min} \dots \dots \dots (2.2)$$

b. Kecepatan makan

$$V_f = f \cdot n ; \text{mm/min} \dots \dots \dots (2.3)$$

c. Waktu pemotongan

$$T_c = \frac{l_t}{v_f} ; \text{min} \dots \dots \dots (2.4)$$

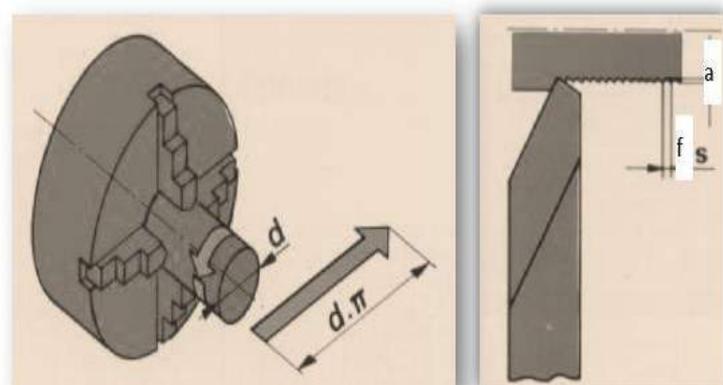
d. Kecepatan penghasil geram

$$Z = f \cdot a \cdot n ; \text{cm}^3/\text{menit} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dari parameter yang disebutkan diatas, parameter utama yang secara umum dapat diatur pada mesin bubut yaitu putaran spindle (*speed*), Kecepatan makan (*feeding*), Kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan sejenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter diatas adalah bagian yang paling bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindle*), dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotation per minute, rpm*). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed* atau v), atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja

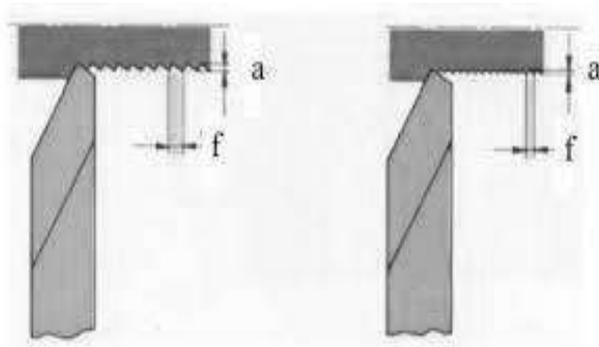
dikalikan dengan kecepatan putar atau seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.2 (widarto, dkk.2008)



Gambar 2.6 : Panjang Permukaan Benda Kerja Yang Dilalui Pahat Setiap Putaran.

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Gerakan makan, f (*feeding*), adalah jarak yang ditempuh pahat pada setiap Putaran benda kerja, dengan gerakan ini maka akan mengalir geram yang dihasilkan (gambar 2.5), sehingga satuan f adalah mm/putaran (Farizi, Z., dkk., 2014). Gerak makan ditentukan berdasarkan ketentuan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan.

Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong (a).



Gambar 2.7 : Gerak Makan (f) dan Kedalaman Potong (a).

Kedalaman potong (a) (depth of cut), adalah dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas pembubutan ketika pahat memotong semalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang dua kali

kedalaman a, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar (Widarto, dkk, 2008).

2.4 Pahat Mesin Bubut

Pada proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul dari material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan mempertimbangkan berbagai segi, yaitu:

1. Kekasaran yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur rendah saja tetapi, pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Kekuatan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi saat pemesinan dengan interupsi maupun waktu pemotongan benda kerja yang mengandung partikel yang keras.
3. Ketahanan beban kejut termal, diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.
4. Sifat adhesi yang rendah, untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan laju pemotongan.
5. Daya larut elemen yang rendah, dibutuhkan demi memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

Pada penelitian ini adalah pahat yang digunakan dan akan dibahas yaitu jenis karbida namun pahat karbida tersebut dibagi lagi menjadi tiga tipe karbida, berikut penjelasannya :

Karbida (*cemented carbide : hardmentals*) Jenis karbida yang disemen (*cemented carbide*) ditemukan pada tahun 1932 (KRUPP WIDIA) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat pada umumnya yaitu cobalt (Co). Dengan cara karburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (Wolfram, W), Tantalum (Ta), Titanium (Ti), dibuat menjadi karbida kemudian digiling dan disaring. Hot hardness karbida yang disemen ini hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar persentase pengikat (Co) maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenis (density, sekitar dua kali lipat). Koefisien muai setengah daripada baja dan konduktivitas panasnya sekitaran dua atau tiga kali konduktivitas panas HSS.

Ada tiga jenis utama pahat karbida sisipan yaitu :

- a. Karbida Tungsten (WC + Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*)
- b. Karbida Tungsten Paduan (WC – TiC + Co; WC – TaC - TiC + Co; WC – TaC + Co ; WC – TiC – TiN + Co; TiC + Ni, Mo) merupakan pahat karbida untuk pemotongan baja (*steel cutting grade*).
- c. Karbida berlapis (Coated Cemented Carbides), merupakan jenis karbida tungsten yang dilapisi karbida, nitrida atau oksida lain yang lebih rapuh tapi hot hardnessnya tinggi.

Karbida ini pertama kali dikenalkan oleh KRUPP WIDIA pada tahun 1968 dan

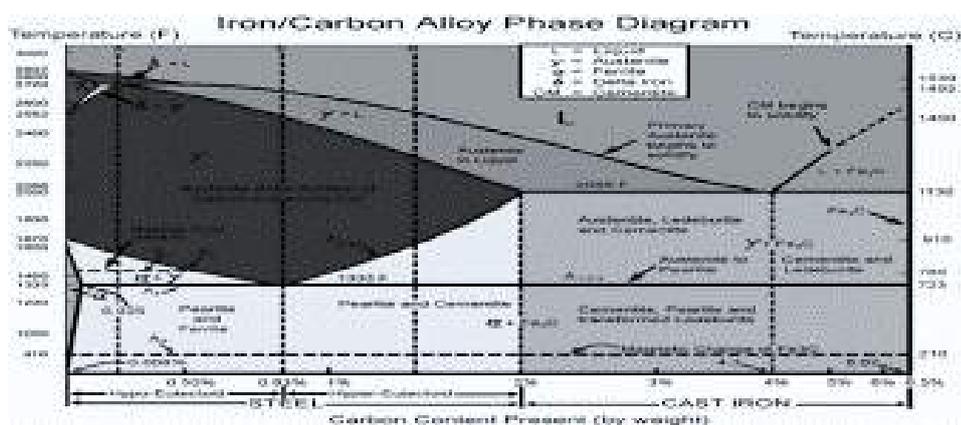
sampai saat ini banyak jenis karbida berlapis semakin berkembang dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai jenis permesinan. Lapisan dibuat dengan dua cara yaitu dengan proses PVD (physical Vapour Deposition) dan proses CVD (Chemical Vapour Deposition). Pelapisan secara CVD (Chemical Vapour Deposition) menghasilkan ikatan yang lebih kuat dari pada PVD (Physical Vapour Deposition). Bahan berlapis berguna untuk menghambat terjadinya difusi dan sebagai pelumas padat yang berfungsi untuk mereduksi gesekan dan panas tergenerasi selama proses pemotongan berlangsung. Pahat potong yang dilapisi dengan bahan berlapis mampu memberikan peningkatan kekerasan dan ketangguhan pahat sehingga dapat memperkecil gesekan dan aus pahat.

2.5 Baja dan Paduannya

Baja dapat didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi dan karbon, yang mana campuran dasarnya adalah unsur karbon (C). Selain itu baja juga memiliki campuran unsur lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi dalam satu paduan. Kandungan karbon pada baja sekitar 0,1% - 7%, sedangkan unsur yang lain dibatasi jumlahnya. Unsur paduan yang lain yang bercampur didalam baja untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas (*heat treatment*) atau menghasilkan sifat – sifat yang khusus.

Unsur karbon adalah unsur campuran yang sangat penting dalam pembentukan baja, jumlah persentasinya dan bentuknya membawa pengaruh yang

sangat besar terhadap sifatnya. Tujuan utama dari penambahan unsur campuran lain kedalam baja adalah untuk m,engubah unsur karbon. Apabila dibandingkan dengan unsur karbonnya maka dibutuhkan sebagian besar unsur campuran lainnya untuk menghasilkan sifat yang dikehendaki pada baja. Unsur karbon dapat bercampur pada besi setelah didinginkan secara perlahan pada temperatur kamar. Karbon larut dalam besi membentuk larutan ferit yangf mengandung karbon diatas 0,006% pada temperatur kamar, kemudian unsur karbon akan naik lagi sampai 0,03% pada temperatur sekitar 725 °C. Ferit bersifat lunak, tidak kuat dan kenyal. Sebagai campuran kimia dlam besi, campuran ini disebut sebagai semenit (Fe_3C) yang mengandung 6,67%. Semenit bersifat keras dan rapuh, apabila baja dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat maka keseimbangannyaakan rusak dan unsur karbon akan larut dalam bentuk yang lain. Maka dari itu selain komposisi kimia pada baja, macam-macam pemanasan dan periode pendinginan juga menentukan sifat baja.



Gambar 2.8 Diagram Perlakuan Panas

Baja karbon dapat didefinisikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Baja karbon terdiri sebagai berikut :

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon ini disebut juga baja ringan (mild steel) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijalankan mur, baut, skrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi dan lain sebagainya. Penggilangan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dengan keadaan panas. Hal itu ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya dibagian permukaan berwarna hitam.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang adalah baja karbon dengan kandungan karbon antara 0,2–0,5% dari keseluruhan berat baja paduan. Sifat-sifat mekanik dari baja karbon sedang dapat diperoleh melalui perlakuan panas dengan celup cepat yang diikuti dengan penemperan. Baja karbon sedang ini memiliki tingkat pengerasan yang rendah sehingga hasil perlakuan panas hanya dapat dilakukan untuk benda yang tipis dan laju pendinginan yang cepat. Perlakuan panas yang menghasilkan baja karbon sedang dengan kondisi pengerasan yang kuat diperoleh dengan penambahan krom, nikel dan molibdenum. Baja karbon sedang memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap gesekan dan dapat bekerja dalam waktu yang lama sehingga digunakan pada roda rel kereta api dan roda gigi.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi adalah paduan dengan kandungan karbon antara 0,6–1,4% dari keseluruhan berat baja paduan. Sifat baja karbon tinggi adalah sangat keras dan kuat tetapi memiliki keuletan yang rendah. Baja karbon tinggi digunakan dalam pembuatan alat-alat potong dan cetakan baja dengan penambahan unsur

krom, vanadium, wolfram dan molibdenum sehingga sangat keras dan kuat serta memiliki ketahanan terhadap gesekan yang tinggi. Pada peralatan dengan ketahanan gesek yang tinggi dan pada pisau potong, baja karbon tinggi dapat digunakan setelah mengalami proses pengerasan dan penemperan.

2.6 Besi Cor Kelabu

Besi cor kelabu adalah material yang banyak digunakan di pengecoran logam. Keunggulan utama besi cor ini adalah kemampuannya untuk meredam getaran dan relatif lebih murah. Namun, kelemahan besi kelabu yaitu sifat mekanisnya yang rendah. Sifat mekanis dari besi yang termasuk jenis tuang ini dipengaruhi oleh laju pendinginan, perlakuan panas, perlakuan saat cair dan paduan unsurnya. Beberapa aplikasi dari material ini membutuhkan besi cor yang berkekuatan tinggi. Untuk meningkatkan sifat mekanisnya kita dapat memberikan perlakuan panas yaitu austemper. Lalu, kenapa besi ini disebut cor kelabu atau *Grey Cast Iron*? Jawabannya karena kandungan struktur serpihan grafit yang dibuat selama proses pendinginan dari karbon yang ada di dalam komponen menjadikannya berwarna abu-abu.

2.6.1 Jenis – jenis Besi Cor dan Kandungannya

Adapun jenis jenis besi cor menurut fungsi sebagai yang meneruskan daya klarifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut :

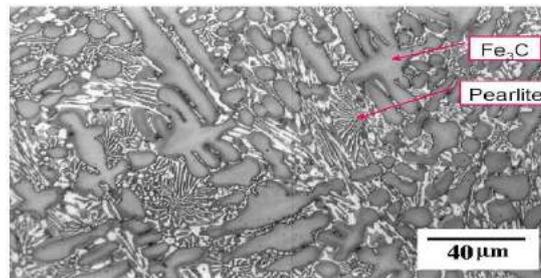
1. Besi Cor Putih
2. Besi Cor Kelabu
3. Besi Cor Nodular

Adapun kandungan pada besi cor yang berbeda yaitu sebagai berikut :

a. Besi Cor Putih memiliki kandungan komposisi sebagai berikut

Tabel 2.1 Kandungan besi Cor Putih

C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)
1,75 – 2,3	0,05 – 1,2	0,1 – 0,4	0,12 – 0,35	0,05 – 0,2



Gambar 2.9 Struktur Mikro Besi Cor Putih

b. Besi Cor Kelabu memiliki kandungan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kandungan Besi Cor Kelabu

C (%)	Si (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)
3	2	0,8	0,6	0,2

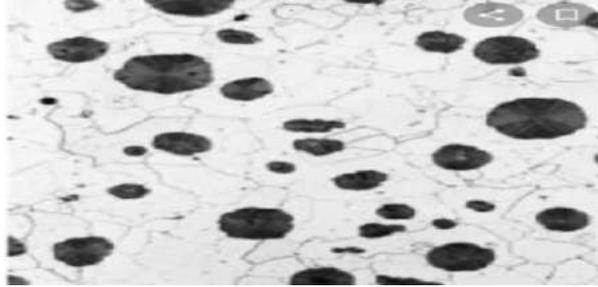


Gamambar 2.10 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu

c. Besi Cor Nodular memiliki kandungan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Kandungan Besi Nodular

C (%)	Si (%)	Mn(%)	S (%)	P (%)
3,2 – 4,2	1 – 4	0,5 – 1	0,1 – 1	0,3 – 5



Gambar 2.11 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu

2.7. Karbida Berlapis

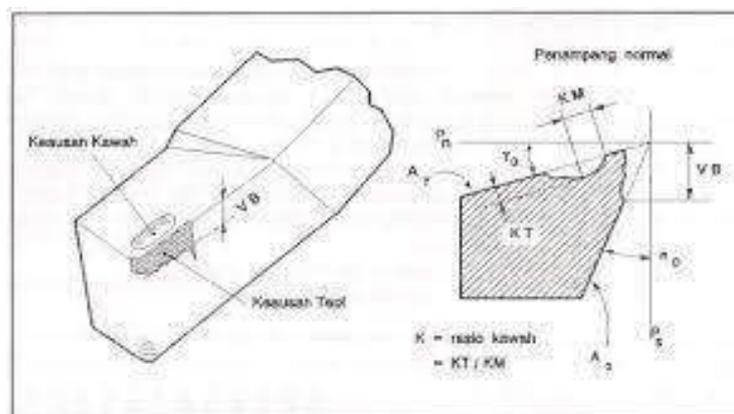
Coated Cemented Carbide pertama kali digunakan oleh KRUPP WIDIA (1968) dan sampai saat ini jenis karbida lapis semakin berkembang dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai proses pemesinan. (dinegara-negara maju, pemakaiannya sekitar 40% dari seluruh jenis pahat karbida yang digunakan. Umumnya sebagai material dasar adalah karbida tungsten ($WC + Co$) yang dilapis dengan bahan keramik (karbida, Nitrida, dan Oksida yang keras tahan temperatur tinggi serta non adhesif). Lapisan setebal 1 s.d 8 mikron ini diperoleh dengan PVD atau CVD. Pelapisan secara CVD (Chemical Vapour Deposition). Menghasilkan ikatan yang lebih kuat daripada PVD (Physical Vapour Deposition). CVD dilaksanakan dengan mengendapkan elemen atau paduan elemen yang terjadi akibat reaksi pada fasa uap antara elemen/paduan tersebut dengan gas pereaksi.

2.8.Keausan Pahat

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan mikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa

guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi.

Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka mempunyai hubungan linier. Persamaan yang menunjukkan hubungan kecepatan potong dengan umur pahat pertama kali dikemukakan oleh (F.W Taylor



pada tahun 1907)

Gambar : 2.12 Tepi Pahat

2.7.1. Jenis – jenis Kehausan Mata Pahat

Tipe-tipe keausan berikut diidentifikasi pada alat potong titik tunggal

seperti ditunjukkan sebagai berikut :

- 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 perasi pemesinan.

2.7.2. Mekanisme Dasar Kehausan Pahat

1. Adhesi

Keausan terjadi ketika satu permukaan menggesek permukaan lain dan mengikis salah satu permukaan diikuti dengan yang lainnya, kemudian kikisan tersebut keluar dari permukaan sebelumnya. Setelah melalui berbagai percobaan, hukum keausan adhesive ditemukan oleh :

- a. Keausan tersebut berbanding langsung dengan muatan antara permukaan yang berinteraksi.

b. keausan tersebut berbanding pada jarak gesekan.

c. keausan tersebut berbanding terbalik dengan kekerasan yang telah diauskan.

Hukum keausan adhesi Holm-Archard adalah (1) dimana V adalah volume dari keausan per jarak gesekan, k adalah konstanta probabilitas, L adalah muatan antara permukaan, x adalah jarak gesek dan p adalah kekerasan dari permukaan yang diauskan.

2. Difusi

Pada daerah dimana pelekatan (*adhesi*) antara material benda kerja dengan pahat dibawah tekanan dan temperatur yang tinggi serta adanya aliran metal (geram dan permukaan terpotong relatif terhadap pahat) akan menyebabkan timbulnya difusi.

3. Proses Oksidasi

Pada kecepatan potong yang tinggi (temperature yang tinggi) ketahanan karbida atas proses oksidasi akan menurun. Karbida dapat teroksidasi apabila temperaturnya cukup tinggi dan tidak ada perlindungan terhadap serangan oksigen dan atmosfer. Akibatnya struktur material pada pahat akan melemah dan tidak tahan akan deformasi yang disebabkan oleh gaya pemotongan. cairan pendingin dalam batas-batas tertentu mampu mencegah terjadinya proses oksidasi

4. Proses Deformasi Plastik

Proses deformasi plastik merupakan kekuatan pahat untuk menahan tegangan tekan merupakan sifat material pahat yang dipengaruhi oleh temperature. Hal inilah yang merupakan pembatasan kecepatan penghasilan geram bagi suatu jenis pahat. Penampang geram harus direncanakan supaya tekanan yang diderita ujung/pojok pahat tidak melebihi batas kekuatan pahat untuk menghindari

terjadinya proses deformasi plastik

5. Keretakan Dan Kelelahan

Retak yang sangat kecil (*micro crack*, retak rambut,) dapat terjadi pada mata potong atau pojok pahat. Retak tersebut makin lama makin besar (melebar) sampai akhirnya terjadi konsentrasi tegangan (*stress concentration*) yang sangat besar sehingga pahat akan patah. Gejala ini sering disebut sebagai kelelahan.

2.9. Umur Pahat

Pahat mempunyai umur artinya tidak dapat digunakan terus tanpa menyebabkan kerugian- kerugian yang tidak dikehendaki. Sebagaimana halnya temperatur pemotongan umur pahat dapat dianalisa secara teoritik guna mengetahui variabel penentunya. Kehausan pahat akan tumbuh dan membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Karena kehausan merupakan faktor utama atau dominan mengenai mekanisme kehausan. Semakin besar keausan atau kerusakan terhadap pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan kehausan semakin cepat dan pada suatu waktu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan ini tidak boleh terjadi karena kerusakan pahat akan lebih tinggi, sehingga dapat merusak seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja. Batas kehausan yang diizinkan bagi pahat sebagai mana diterakan pada tabel 2.8.

Tabel 2.4 Nilai Batas Kehausan Kritis Pahat Bubut

Pahat	Benda Kerja	$V_b(\text{mm})$
-------	-------------	------------------

HSS	Baja dan Besi Tuang	0,3 s/d 0,8
Karbida	Baja	0,2 s/d 0,6
Karbida	Besi Tuang & <i>Non Ferrous</i>	0,4 s/d 0,6
Keramik	Baja & Besi Tuang	0,3

Classification Number	Materials to be Machined	Machining Operation	Type of Carbide	Characteristics Of		Typical Properties	
				Cut	Carbide	Hardness H-Ra	Transverse Rupture Strength (MPa)
C-1	Cast iron, nonferrous metals, and nonmetallic materials	Roughing cuts General purpose	Wear-resistant grades; generally straight	Increasing cutting speed	Increasing hardness and wear resistance	89.0	2,400
C-2	nonferrous metals, and nonmetallic materials requiring abrasion resistance	General purpose Finishing	generally straight WTC-Co	Increasing feed rate	Increasing strength and binder content	92.0	1,725
C-3	materials requiring abrasion resistance	Finishing	with varying grain sizes	Increasing feed rate	Increasing strength and binder content	92.5	1,400
C-4	Materials to be Machined	Precision boring and fine finishing	with varying grain sizes	Increasing feed rate	Increasing strength and binder content	93.5	1,200
C-5		Roughing cuts	Crater-resistant grades; various WWC-Co compositions with TiC and/or TaC alloys	Increasing cutting speed	Increasing hardness and wear resistance	91.0	2,070
C-6	Steels and steel-alloys requiring crater and deformation resistance	General purpose	Crater-resistant grades; various WWC-Co compositions with TiC and/or TaC alloys	Increasing cutting speed	Increasing hardness and wear resistance	92.0	1,725
C-7	alloys requiring crater and deformation resistance	Finishing	Crater-resistant grades; various WWC-Co compositions with TiC and/or TaC alloys	Increasing feed rate	Increasing strength and binder content	93.0	1,380
C-8		Precision boring and fine finishing	Crater-resistant grades; various WWC-Co compositions with TiC and/or TaC alloys	Increasing feed rate	Increasing strength and binder content	94.0	1,035

Gambar 2.13 Penggolongan Pahat Karbida dan Kegunaannya