

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya kemajuan teknologi pada dunia industri sehingga mempermudah manusia melakukan pekerjaannya, hasil yang diperoleh sangat 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 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 pula meskipun diulang berkali-kali.

Mesin bubut CNC berfungsi untuk mengubah bentuk dan ukuran benda kerja dengan cara menyayat benda kerja menggunakan alat potong (*pahat*)

dengan sudut tertentu dan kecepatan potong tertentu pula. Posisi benda kerja searah dengan sumbu mesin bubut untuk melakukan penyayatan. Adapun hasil dari penyayatan akan menghasilkan beram atau chip (*Hamidi, 2008*). Mesin bubut CNC digunakan untuk mengerjakan benda yang berbentuk silindris. Prinsip kerja mesin bubut CNC itu sendiri adalah terjadi gerak relatif antara pahat dan benda kerja yang berbentuk silindris.

Proses pemotongan logam dengan menggunakan mesin bubut CNC sangat berperan penting di dunia industri, maka perlu melakukan inovasi-inovasi baru terhadap mesin CNC bubut. Pengertian pahat atau perkakas potong adalah alat atau benda yang digunakan untuk memotong material atau benda kerja dalam proses permesinan. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya aus pahat, diantaranya ialah temperatur potong, karena pada saat melakukan pemotongan hampir semua energy yang digunakan pada deformasi plastis berubah dalam bentuk panas.

Agar mendapatkan hasil yang sebaik mungkin pada saat melakukan pemotongan baja AISI 1045 yang tepat dan efisien, maka perlu diadakan suatu pembahasan khusus. Banyak hal yang harus diketahui agar dapat menentukan kecepatan potong yang baik, untuk memaksimalkan umur pahat.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka perlu untuk diadakan penelitian tentang pengaruh variasi kecepatan potong terhadap keausan mata pahat (VB).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Adakah pengaruh kecepatan potong (*cutting speed*) terhadap keausan mata pahat.
2. Berapa kecepatan putar spindle yang harus digunakan.
3. Karakteristik dari Baja AISI-1045.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah :

1. Proses pemesinan menggunakan mesin bubut CNC.
2. Dalam penelitian ini menggunakan benda kerja Baja AISI-1045.
3. Mata pahat yang digunakan adalah mata pahat karbida .

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk membandingkan tingkat keausan mata pahat pada proses pembubutan dengan memvariasikan tingkat kecepatan pemotongan (*Cutting Speed*)
2. Untuk mengetahui hasil terbaik pada pembubutan dengan menggunakan variasi kecepatan potong (*Cutting Speed*) yang berbeda.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui keausan mata pahat akibat pemotongan baja AISI-1045.
2. Mengetahui perbedaan keausan mata pahat pada pembubutan baja AISI-1045 dengan kecepatan potong (*cutting speed*) yang berbeda-beda.
3. Dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan setingan kecepatan potong (*cutting speed*) yang paling berpengaruh terhadap keausan mata pahat.
4. Sebagai referensi bagi dunia industri manufaktur untuk memperkirakan pemakaian bahan dan mata pahat dalam melaksanakan atau mendesain suatu produk tertentu.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Marsyahyo (2003), menyatakan bahwa proses pemesinan merupakan suatu proses untuk menciptakan produk melalui tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diubah atau diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis untuk menghasilkan suatu produk yang berfungsi. Tingkat kerataan permukaan sangat berpengaruh pada hasil benda kerja setelah diproses pada mesin bubut. Berdasarkan pengalaman di lapangan, dalam proses pembubutan, agar didapatkan kualitas kerataan permukaan benda kerja yang baik diperlukan pemilihan komponen yang baik pula. Pahat bubut menjadi komponen utama dalam proses pemesinan selain mesin bubut dan benda kerja.

Anton (2015), telah melakukan penelitian tentang analisa pengaruh kecepatan potong, kedalaman pemotongan terhadap umur pahat. Dalam penelitian ini proses pemotongan dilakukan dengan dua variasi putaran spindle yaitu 330 rpm dan 490 rpm, pada feeding 0,037 mm/put dan 0,055 mm/put, serta kedalaman potong 0,5 mm dan 0,8 mm. Dari hasil penelitian menunjukkan, pada putaran spindle 330 rpm, kecepatan potong (v) = 41,45 m/min, (f) 0,037 mm/put, waktu = 90 min, (a) = 0,5 mm, umur pahat = 54,12 min, sedangkan pada putaran 490 rpm (v) = 69 m/min, = 57,85 min, pada (f) = 0,055 mm/put (a) = 0,8 mm, = 52,08 min. Pada (v) serta (f) dan (a) sangat berpengaruh terhadap keausan dan umur pahat seiring bertambahnya waktu pemotongan pada keausan = 0,70 mm.

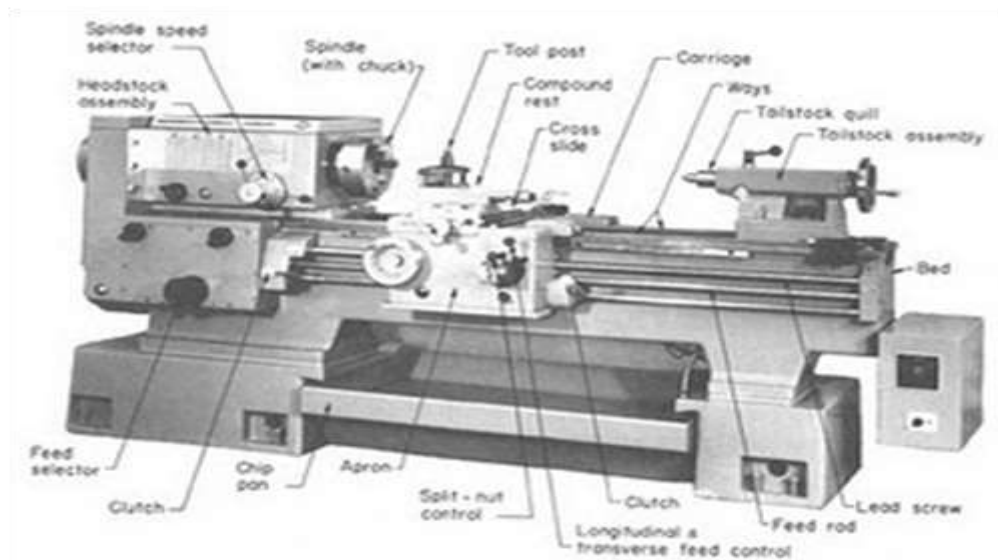
Robi (2017), telah melakukan penelitian tentang analisis keausan pahat insert, carbide dan HSS pada pembubutan baja carbon S45C. Dalam penelitian ini, pembubutan sebanyak sembilan benda kerja baja silinder S45C dilakukan dengan menggunakan variasi mata pahat potong, serta kecepatan potong sebesar 85 m/menit. Untuk besarnya feeding yang digunakan adalah 0,056 mm/putaran dengan kedalaman potong 0,5 mm. Kemudian pahat difoto makro lalu dilakukan pengukuran menggunakan software OptiLab+ dan pengukuran nilai penyimpangan kesilindrisan menggunakan dial indicator. Hasil keausan pahat terkecil terjadi pada penggunaan pahat Insert dengan nilai keausan sebesar 0 mm atau tidak mengalami keausan. Sedangkan hasil keausan terbesar terjadi pada penggunaan pahat HSS dan Carbida.

Rochim (2007), menyatakan bahwa keausan pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja, selain itu juga dipengaruhi oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan, antara lain: jenis material benda kerja dan pahat, kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman pemotongan, dan gerak makan), cairan pendingin dan jenis proses pemesinan.

Hot-hardness karbida yang disemen (diikat) ini hanya akan menurun bila terjadi perlunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat Co, kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya (density, sekitar 2 kali baja). Koefisien muainya setengah dari pada baja dan konduktivitas panasnya sekitar dua atau tiga kali konduktivitas panas HSS.

2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut (Turning Machine) adalah suatu jenis mesin perkakas dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat atau tools sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada proses benda kerja terlebih dahulu dipasangkan chuck (penyekam) yang terpasang pada spindle mesin. Kemudian spindle dan benda kerja berputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerja diam. Dalam kecepatan putar sesuai perhitungan, alat potong akan mudah untuk memotong benda kerja sehingga benda kerja mudah dibentuk sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.1 Bagian-bagian Mesin Bubut

Dikatakan konvensional karena untuk membedakan mesin-mesin yang dikontrol dengan komputer CNC (*Computer Numerically Controlled*) ataupun control numeric (*Numerical control*) dan jenis mesin konvensional mutlak diperlukan keterampilan dari operatornya. Pada kelompok mesin bubut konvensional juga terdapat bagian-bagian otomatis dan pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis baik yang dilayani dengan sistem hidraulik, pneumatic ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional. Untuk pengerjaan besar seperti yang dipergunakan pada industry perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1000 mm.

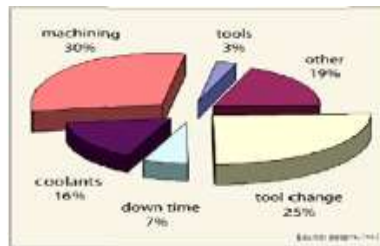
2.2.1 Pemesinan Kering (*Dry Machining*)

Pemesinan kering (*Dry Machining*) adalah proses pemesinan yang tidak menggunakan fluida pendingin dalam proses pemotongannya. Fenomena kegagalan pahat dan penggunaan cariran pemotongan merupakan salah satu masalah yang telah banyak dikaji dan mendapat perhatian dalam kaitan yang sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pengerjaan, ketelitian geometri, produk mekanisme keausan pahat serta umur pahat. Melaporkan bahwa umumnya cairan pemotongan bekas disimpan dalam container dan kemudian ditimbun di tanah. Selain itu, masih banyak praktek yang membuang cairan pemotongan bekas langsung ke alam bebas. Hal ini jelas akan merusak lingkungan.

Pilihan alternatif dari pemesinan basah adalah pemesinan kering. Karena selain tidak ada cairan pemotongan bekas dalam jumlah besar yang akan mencemari lingkungan juga tidak ada kabut partikel cairan pemotongan yang akan membahayakan operator dan juga serpihan pemotongan tidak terkontaminasi oleh residu cairan pemotongan. Pemesinan kering mempunyai beberapa masalah yang antara lain, gesekan antara permukaan benda kerja dan pahat potong. Kecepatan keluar serpihan, serta temperature potong yang tinggi dan hal tersebut semuanya terkait dengan parameter pemesinan.

Secara umum industry pemesinan pemotongan logam melakukan pemesinan kering adalah untuk menghindari pengaruh buruk akibat cairan pemotongan yang dihasilkan oleh pemesinan basah. Argumen ini secara khusus didukung oleh penelitian yang telah dilakukan Mukun et. al., (1995) secara kuantitatif menyangkut pengaruh buruk pemesinan basah dengan anggapan pada pemesinan kering tidak akan dihasilkan pencemaran kerja dan ini berarti tidak menghasilkan kabut partikel cairan pemotongan. Oleh sebab itu perlu diketahui pentingnya pemesinan kering dilakukan dalam proses. Pertimbangan hal diatas pakar pemesinan mencoba mencari solusi dengan suatu metode pemotongan alternative dan mereka merumuskan bahwa pemesinan kering (*Dry cutting*) yang dari sudut pandang ekologi disebut dengsn pemesinan hijau (*Green Machining*) merupakan jalan keluar dari masalah tersebut. Melalui pemesinan kering diharapkan disamping aman bagi lingkungan, juga biasa mereduksi ongkos produksi.

Pemesinan kering direkomendasikan penggunaannya untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat limbah cairan pendingin, maka para pakar pemesinan merekomendasikan dengan pemesinan kering. Selain karena alasan masalah pencemaran lingkungan hal lain yang menjadi alasan dipakainya metode pemesinan kering adalah untuk menhemat biaya produksi.



Gambar 2.2 Ongkos Produksi Secara Umum

Pemesinan kering diakui mampu mengatasi masalah pada dampak yang telah di uraikan diatas. Pilihan alternatif dari pemesinan basah adalah pemesinan kering. Karena selain tidak ada cairan pemotongan bekas dalam jumlah besar yang akan mencemari lingkungan juga tidak ada kabut partikel cair pemotongan yang akan membahayakan operator dan juga serpihan pemotongan tidak terkontaminasi oleh residu cairan pemotongan. Pemesinan kering mempunyai beberapa masalah yang antara lain, gesekan antara permukaan benda kerja dan pahat potong. Kecepatan keluar geram , serta temperature potong yang tinggi hal tersebut semuanya terkait dengan parameter pemesinan.

Konsep pemeseinan kering ini sebenarnya bisa dilakukan oleh industry manufaktur. Dari aspek proses pemesinan, pemesinan kering berarti pemotongan logam dilakukan pada suhu dan gesekan yang relative tinggi. Sejak tahun 1970 penggunaan proses pembubutan keras (*hard turning*) dijadikan inovasi berikutnya

untuk mengatasi permasalahan yang ada, hal ini terbukti melalui proses pembubutan keras dapat mereduksi waktu pemesinan hingga 60 % (Thonsoff, et.al, 1995).

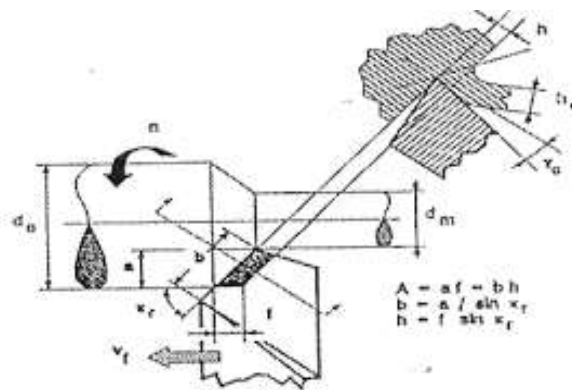
2.2.2 Langkah-langkah Proses Pembubutan

Proses pembubutan dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu pengerjaan pada bagian luar benda kerja (*outside turning*) dan pengerjaan pada bagian dalam benda kerja (*Inside Turning*). Untuk mendapatkan hasil pembubutan yang maksimal, maka sebelum melakukan proses pembubutan harus diketahui terlebih dahulu langkah-langkah proses pembubutan yang akan dilakukan.

Langkah-langkah proses pembubutan tersebut yaitu:

1. Mempelajari gambar kerja untuk menentukan langkah kerja yang efektif dan efisien.
2. Menentukan karakteristik bahan yang akan dikerjakan untuk menentukan jenis alat potong dan media pendingin yang akan digunakan.
3. Menetapkan kualitas hasil bubutan yang diinginkan.
4. Menentukan macam alat geometri alat-alat potong yang digunakan (pahat rata, alur, ulir, dll).
5. Menentukan alat bantu yang dibutuhkan.
6. Menentukan roda gigi pengganti apabila dikehendaki adanya pengerjaan-pengerjaan khusus.
7. Menentukan parameter-parameter pemotongan yang berpengaruh dalam proses pengerjaan (kecepatan potong, kecepatan sayat, kedalaman pemakanan, waktu pemotongan, dll).

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Proses Bubut

Keterangan :

1. Benda Kerja :

D_0 = Diameter Mula (mm)

D_m = Diameter Akhir (mm)

l = Panjang Pemotongsan (mm)

2. Pahat :

κ_r = Sudut Potong Utama/Sudut

Masuk γ = Sudut Geram

2.2.3 Parameter Pembubutan

Dalam proses pembubutan terdapat parameter-parameter yang dapat mempengaruhi hasil pembubutan, dan parameter utama dalam proses pembubutan dapat diatur pada mesin bubut itu sendiri yaitu

:

a. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang tatal yang terpotong dalam ukuran meter yang diperkirakan apabila benda kerja berputar selama satu menit. Sebagai contoh, baja lunak dapat dipotong sepanjang 30 meter tiap menit. Hal ini berarti spindle mesin perlu berputar supaya ukuran mata lilitan pahat terhadap benda kerja (panjang total) sepanjang 30 meter dalam waktu putaran 1 menit. Karena ukuran benda kerja berbeda-beda, maka kecepatan potong ditentukan dengan rumus :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{--- --- --- --- --- --- --- --- --- ---} \quad (2.1)$$

Dimana :

v : adalah kecepatan potong

π : adalah konstanta, seharga 3,14

d : diameter rata-rata

Dimana :

d : ($d_o + d_m$)

n : kecepatan putar poros utama (rpm)

Karena diameter dinyatakan dalam millimeter , dan kecepatan potong dalam meter, maka $\pi \times d$ atau keliling benda kerja dibagi dengan 1000.

b. Kecepatan Gerak Pemakanan

Kecepatan gerak pemakanan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Kecepatan tersebut dihitung tiap menit. Untuk menghitung kecepatan

gerak pemakanan didasarkan pada gerak makan (f). Gerak ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan. Untuk memperoleh kecepatan gerak pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur gerak makan tersebut. Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$(v = f \cdot n) \text{ ----- (2.2)}$$

Dimana :

v : kecepatan gerak pemakanan (m/min)

f : gerak makan (mm/rev)

n : putaran benda kerja (rad/min)

c. Kedalaman Pemoangan

Kedalaman pemoangan adalah rata-rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah dibubut. Kedalaman pemakan dapat diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter). Kedalaman pemakanan dapat diartikan pula dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas bubutan. Kedalaman pemakan dirumuskan sebagai berikut

:

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

Dimana :

a : kedalaman pemakanan (mm)

d_o : diameter awal (mm)

d_m : diameter akhir (mm)

d. Waktu Pemotongan

Waktu pemotongan bisa diartikan dengan panjang permesinan tiap kecepatan gerak pemakanan. Satuan waktu permesinan adalah millimeter. Panjang permesinan sendiri adalah panjang pemotongan pada benda kerja ditambah langkah pengawalan ditambah dengan langkah pengakhiran, waktu pemotongan dirumuskan dengan :

$$t_c = \frac{\lambda t}{V_f} \text{ --- (2.4)}$$

Dimana :

t_c : waktu pemotongan (min)

λt : panjang permesinan (mm)

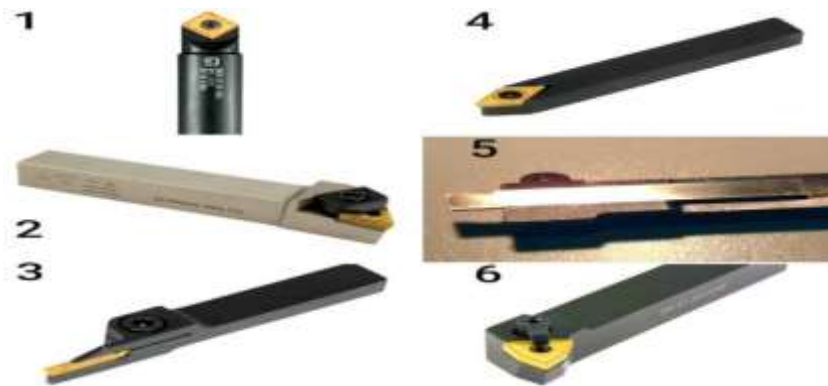
V_f = kecepatan pemotongan (mm/min)

2.3 Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan berbagai jenisnya dapat membuat benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tuntutan pekerjaan. Misalnya, dapat digunakan untuk membubut permukaan/*facing*, rata, betingkat, alur, *champer*, tirus, memperbesar lubang, ulir dan memotong. Kemampuan pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jenis bahan/material yang digunakan, geometri pahat bubut, sudut potong pahat bubut dan teknik penggunaan.

2.3.1 Jenis Pahat Bubut

Beragam bentuk benda kerja yang diproses dimesin bubut menuntut kita untuk mempersiapkan bentuk-bentuk pahat bubut yang umum dipakai. Gambar berikut menjelaskan bentuk pahat bubut dan benda kerja yang dapat dikerjakan.



Gambar 2.4 Jenis Pahat Bubut Insert Karbida

Berdasarkan bentuknya, pahat bubut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pahat *chamfer*

Digunakan untuk menumpulkan bagan benda kerja yang tajam. Tujuannya untuk memudahkan benda kerja dalam perakitannya.

2. Pahat bubut rata

Digunakan untuk membubut diameter luar benda kerja hingga rata. Pahat ini ada 2 macam, yaitu pahat kiri (pemakanan dimulai dari kanan ke kiri) dan pahat kanan (pemakanan dimulai dari kiri ke kanan).

3. Pahat alur

Digunakan untuk membuat celah alur pada benda kerja sesuai dengan kebutuhan.

4. Pahat ulir

Digunakan untuk membuat ulir yang dibutuhkan. Bisa untuk membuat ulir kiri, ulir kanan, ulir tunggal, ulir ganda, dan lain-lain.

5. Pahat potong

Digunakan untuk memotong benda kerja pada mesin bubut.

6. Pahat muka

Digunakan untuk membubut permukaan ujung benda kerja hingga rata, baik benda kerja yang ditahan oleh senter atau tidak.

2.3.2 Pemilihan Pahat Bubut

Pertimbangan dalam memilih pahat bubut yang akan digunakan sebaiknya mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya:

1. Bahan/material benda kerja kualitas bahan pahat bubut harus memiliki sifat keras, ulet, tahan gesek, tahan aus, dan tahan beban kejut.

2. Kecepatan potong (*Cutting speed - Cs*)

Makin tinggi kecepatan potong yang ditetapkan, alat potong harus mempunyai sifat tahan panas yang baik.

3. Kualitas permukaan (*surface Quality*)

Semakin bagus kualitas permukaan yang dituntut, alat potong harus mempunyai sifat tahan aus yang baik.

4. Frekuensi penggunaan

Semakin sering digunakan, alat potong harus mempunyai sifat tahan terhadap keausan.

5. Ekonomis

Pertimbangan ekonomis, harga semakin murah tapi kualitas semaksimal mungkin.

2.3.3 Karakteristik Pahat Bubut

Proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung, dengan cara mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul dari pada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dilihat dari segi (Taufiq Rochim, 2007:33);

- a. Kekerasan: Melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruang melainkan juga pada temperatur tinggi saat proses pembentukan gerak berlangsung
- b. Keuletan: Cukup untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu pemesinan dengan interupsi maupun sewaktu memotong benda kerja yang mengandung partikel/bagian yang keras.
- c. Ketahanan beban kejut termal: Keunggulan yang dibutuhkan jika terjadi perubahan temperature yang cukup besar secara berkala.
- d. Sifat adhesi yang rendah: Sifat ini mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan , serta penurunan gaya pemotongan.\
- e. Daya larut elemen/komponen material pahat yang rendah: Kemampuan yang dibutuhkan demi memperkecil keausan akibat mekanisme difusi.

Kekerasan yang rendah dan daya adhesi yang tinggi tidak diinginkan pada material pahat bubut, sebab pahat bubut akan terdeformasi, terjadi keausan tepid an keausan kawah yang besar. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang menimbulkan keausan fatal. Kriteria material pahat bubut seperti diatas memang perlu dipunyai oleh material pahat bubut. Tetapi tidak semua sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang. Pada umumnya kekerasan dan daya tahan termal yang dipertinggi selalu diikuti oleh penurunan keuletan.

2.3.4 Pahat Baja Karbon

Baja dengan kandungan karbon yang relatif tinggi (0,7% - 1,4%) tanpa unsur lain atau dengan presentase unsur lain yang rendah (2%,W, Cr) mempunyai kekerasan permukaan permukaan yang cukup tinggi. Dengan proses perlakuan panas, kekerasan yang tinggi ini (500 – 1000 HV) dicapai karna terjadi transformasi martensit. Karena martensit akan melunak pada temperatur 250°C, maka baja karbon ini hanya digunakan pada kecepatan potong yang rendah (Sekitar VC = 10mm/min). Pahat jenis ini hanya dapat memotong logam yang lunak ataupun kayu.

2.3.5 Pahat HSS (High Speed Steels : Tools Steel)

Merupakan baja paduan tinggi dengan unsur paduan crom dan tungsten. Melalui proses penuangan (*Molten Metalurgy*) kemudian diikuti pengerolan ataupun penempaan baja dibentuk menjadi batang ataupun silindris. Pada kondisi lunak (*Annealed*) bahan tersebut dapat diproses secara permesinan menjadi

berbagai bentuk pahat potong. Setelah dilakukan proses laku panas, kekerasan akan cukup tinggi sehingga dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi (Sampai dengan tiga kali kecepatan potong untuk pahat CTS), sehingga dinamakan dengan *Baja Kecepatan Tinggi (High Speed Steel/HSS)*. Apabila telah aus maka HSS dapat diasah sehingga mata potongnya tajam kembali karena sifat keuletan yang relatif baik. Pahat ini selain digunakan untuk pahat bubut biasanya juga digunakan untuk pahat gurdi dan skrap.

2.3.6 Pahat Paduan Cor Non Ferro (*Cast Nonferrous Alluys ; Cast Carbides*)

Paduan cor non ferro (*Stellite*) adalah campuran (Paduan) yang memiliki sifat antara HSS dan Carbida, digunakan dalam hal khusus diantara pilihan dimana karbida terlalu rapuh dan HSS mempunyai *Hot Hardness* dan *Wear Resistance* yang terlalu rendah, Material jenis ini dibentuk secara tuang menjadi bentuk yang tidak terlalu sulit misalnya *tool bit* (sisipan) yang kemudian diasah menurut dimensi yang dibutuhkan. Paduan nonferro terdiri atas empat elemen utama yaitu :

- a. Cobalt sebagai pelarut bagi elemen –elemen yang lain.
- b. Cr (10-%35% berat) yang membentuk karbida.
- c. W (10%-25% berat) sebagai pembentuk karbida menaikkan kekerasan secara menyeluruh.
- d. Carbon (1% C membentuk jenis yang relatif lunak sedangkan 3% jenis yang keras serta tahan aus.

2.3.7 Pahat Karbida

Jenis karbida yang “disemen” (*Cemented Carbides*) ditemukan pada tahun 1923 (KRUPP WIDIA) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari Cobalt (Co). Dengan cara *carburizing* masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (Wolfram, W), Titanium (Ti), Tantalium (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling (*Ball Mill*) dan disaring menurut besar butir sesuai dengan angka saringan (*mesh-number*). Salah satu campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan *presintering* (1000° C) sehingga pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas dan kemudian *sintering* (1600° C) sehingga bentuk *keeping* (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan (Cold, atau HIP) akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula. Tiga jenis pahat karbida sisipan adalah :

1. Karbida Tungsten (WC + Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*)
2. Karbida Tungsten Paduan (WC – TiC + Co; WC – TaC – TiC + Co; WC – TaC + Co; WC – TiC +TiN + Co; TiC + Ni, Mo) merupakan jenis pahat karbida untuk pemotongan baja (*steel cutting grade*).
3. Karbida Lapis (*Coated Cemented Carbides*), jenis karbida tungsten yang dilapis (satu atau beberapa lapisan) karbida, nitrida, oksida lain yang lebih rapuh tetapi *hot-hardness* nya tinggi.

2.3.8 Pahat Keramik (*Ceramics*)

Merupakan paduan metalik dan non-metalik menurut definisi yang sempit, sedangkan menurut definisi yang luas merupakan paduan semua material kecuali metal dan organic. Keramik mempunyai sifat yang khas yaitu relatif rapuh sehingga membatasi/mempersulit kegunaannya. Salah satu usaha memperkecil sifat kerapuhan adalah dengan memanfaatkan kemajuan teknologi dalam pembuatan serbuk yang halus, murni, dan homogeny.

Perambatan retak pada struktur keramik dihambat dengan cara sebagai berikut :

- a. Menyersp energy perambatan retak dengan menambahkan partikel yang semi stabil.
- b. Mengarahkan dan menghambat perambatan retak dengan menambahkan serat halus.
- c. Menumbuhkan retak-retak mikro yang tak beraturan sehingga menghambat pertumbuhan retak besar, dengan cara menambahkan partikel yang mempunyai koefisien muai yang berbeda yang akan menimbulkan retak mikro sewaktu proses pendinginan berlangsung.

2.3.9 Pahat CBN (*Cubic Boron Nitrides*)

CBN termasuk jenis keramik, dibuat dengan penekanan panas sehingga serbuk grafit putih nitrida boron dengan struktur atom heksagonal berubah menjadi struktur kubik. CBN dapat digunakan untuk proses pemesinan sebagai jenis baja dalam keadaan dikeraskan (*hardenned steel*), HSS, besi tuang, maupun karbida semen. Afinitad terhadap naja sangat kecil dan tahan terhadap perubahan

reaksi kimia sampai dengan temperatur pemotongan 1300°C (kecepatan potong tinggi). Dibuat dalam bentuk sisipan dan mempunyai harga yang mahal.

2.3.10 Pahat Intan (*Sintered Diamonds dan Natural Diamonds*)

Sintered Diamond merupakan hasil proses sintering serbuk intan tiruan dengan bahan pengikat Co (5% - 10%). Hot hardness sangat tinggi dan tahan terhadap deformasi plastic. Sifat ini ditentukan oleh besar butir intan serta persentase dan komposisi material pengikat. Karena intan pada temperature tinggi akan berubah menjadi grafit dan mudah terdifusi menjadi atom besi, mata pahat intan tidak digunakan untuk memotong bahan yang mengandung besi (ferrous). Cocok bagi ultra highprecision dan mirror finishing bagi benda kerja non ferro (Al alloys, Cu alloys, Plastics, Rubber).

Dalam proses pemesinan umum nya kita menggunakan jenis pahat HSS untuk mesin gurdi dan karbida untuk mesin frais dan bubut (dan dapat juga sebagai sisipan pada jenis pahat lainnya). Tabel dibawah ini merupakan tabel perbedaan antara pahat HSS dan Karbida.

Tabel 2.1 Perbedaan Pahat HSS dan Karbida

No	Perbedaan	HSS	Karbida
1	Konstruksi	Batangan	Sisipan
2	Ketahanan terhadap suhu tinggi	Tidak baik	Baik
3	Jenis <i>coolant</i>	Cairan	Udara / <i>air blow</i>
4	Sifat material	Ulet, cepat aus	Getas, tidak mudah aus
5	Kecepatan potong	Vc = 10-20 m/min	Vc = 80 - 120 mm/min
6	Harga	Murah	Mahal
7	Konversi energi	Sulit melepaskan panas	Mudah melepaskan panas

2.4 Temperatur Pemotongan Pada Proses Pembubutan

Hampir seluruh energy pemotongan diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara geram dengan pahat dan antara pahat dengan benda kerja, serta proses perusakan molekuler atau ikatan atom pada bidang geser (*shear plane*). Panas ini sebagian besar terbawa oleh geram, sebagian merambat melalui pahat dan sisanya mengalir melalui benda kerja menuju sekelilingnya. Panas yang timbul tersebut cukup besar dan karena luas bidang kontak relatif kecil, temperature pahat, terutama bidang geram dan bidang utamanya, akan angat tinggi. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan seta temperatur yang tinggi, permukaan aktif pahat akan mengalami keausan. Keausan tersebut makin lama makin membesar, yang selain memperlemah pahat, juga akan memperbesar gaya pemotongan sehingga dapat menimbulkan kerusakan fatal.

Kerja/energi mekanik dalam proses pemotongan yang bebas getaran, seluruhnya diubah menjadi panas/kalor. Energi mekanik persatuan waktu atau daya mekanik yang diubah menjadi energy panas persatuan waktu. Meskipun persentase panas yang terbawa geram sangat tinggi tidaklah berarti bahwa temperature geram menjadi lebih tinggi dari pada temperature pahat. Panas mengalir bersama-sama geram yang selalu terbentuk dengan kecepatan tertentu, sedangkan panas yang merambat melalui pahat terjadi sebagai proses konduksi panas yang dipengaruhi oleh konduktivitas panas material pahat serta penampang pahat yang relative kecil. Dengan demikian temperature rata-rata pahat akan lebih tinggi (kurang lebih dua kalinya) dari pada temperature rata-rata geram (Taufiq Rochim, 2007:73).

2.5 Umur Pahat

Pahat mempunyai umur artinya tidak selamanya dapat digunakan terus tanpa menyebabkan kerugian-kerugian yang tidak dikehendaki. Sebagaimana halnya temperatur pemotongan umur pahat dapat dianalisa secara teoritik guna mengetahui variable penentunya. Keausan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Karena keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat, pertumbuhannya perlu ditinjau dengan memperhatikan faktor utama atau dominan mengenai mekanisme keausan.

Semakin besar keausan atau kerusakan terhadap pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu waktu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan ini tidak boleh terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusak seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja. Untuk menghindari hal tersebut ditetapkan suatu batasan harga keausan (dimensi dari keausan tepi atau keausan kawah) yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan. Batas keausan yang diizinkan bagi pahat sebagaimana diterakan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Batas Keausan kritis Pahat Bubut

Pahat	Benda Kerja	Vb (mm)	K (mm)
HSS	Baja & Besi Tuang	0,3 s/d 0,8	-
Karbida	Baja	0,2 s/d 0,6	0,3
Karbida	Besi Tuang & <i>Non Ferrous</i>	0,4 s/d 0,6	0,3
Keramik	Baja & Besi Tuang	0,3	-

2.6 Baja

Baja merupakan paduan Fe-C dengan kandungan karbon kurang dari 2%. Berdasarkan persentase C, baja di bedakan menjadi tiga jenis yaitu baja karbon rendah (*low carbon steels*) baja karbon sedang (*medium carbon steels*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*). Baja juga di golongan 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 ($<0,30\% \text{ C}$)
- b. Baja karbon sedang ($0,30\% \text{ C s/d } < 0,75 \text{ C}$)
- c. Baja karbon tinggi ($0,70\% \text{ C s/d } < 1,40\% \text{ C}$)

Baja karbon rendah digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan Baut, baja karbon sedang digunakan untuk rel kreta 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 tahan gesekan.

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 meliputi $\pm 15\%$ 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 pengurangan kerusajkan tarik.
2. Kemampuan pengerasan sewaktu dicelup dalam minyak atau udara, dan dengan demikian kemungkinan retak atau distorsinya kurang
3. Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung pada jenis paduan.
4. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti sifatnya tidak banyak berubah.
5. Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi, seperti butir yang halus.