

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemesinan kering adalah proses pemesinan yang tidak menggunakan fluida pendingin dalam pemotongannya. Karena selain tidak ada cairan dalam 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 antar permukaan benda kerja dan pahat potong, kecepatan keluar serpihan, serta temperatur potong yang tinggi. dan hal tersebut semuanya terkait dengan parameter pemesinan. Secara umum industri pemesinan pemotongan logam melakukan pemesinan kering adalah untuk menghindari pengaruh buruk akibat cairan pemotongan yang dihasilkan oleh pemesinan basah.

Proses pemesinan dengan pembubutan kering bahwa kecenderungan terbentuknya penumpukan geram lebih besar dibandingkan dengan pemesinan basah. (Bulloch, 2004) menyatakan bahwa temperatur tinggi pada permukaan akan menyebabkan terjadinya perubahan mikrostruktur pada benda kerja hasil permesinan. Kecenderungan yang akan terjadi keausan pada pahat seperti aus tepi (Flank Wear), aus kawah (Creater Wear), penumpukan geram (BUE).

Alat potong (pahat) digunakan untuk memotong material atau benda kerja dalam proses permesinan. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya pahat aus, diantaranya ialah temperatur potong, karena pada saat melakukan pemotongan

hampir semua energi yang digunakan pada deformasi plastis berubah dalam bentuk panas. Sementara pemesinan kering adalah proses pemotongan logam yang dilakukan tanpa adanya cairan pemotongan yang biasanya digunakan lebih sedikit yaitu 5 ml/min (minimal quantity lubrication) atau sama sekali tidak menggunakan media pendingin dan media pelumas. Pemesinan kering memiliki kelebihan yaitu tidak digunakannya cairan pemotongan, sehingga dapat mengurangi ongkos produksi sebesar 16-20% dan berpengaruh pada pelestarian lingkungan karena tidak adanya cairan pemotongan bekas yang dibuang ke alam bebas. Maka dari itu 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 kedalaman potong yang baik, dan untuk memaksimalkan umur pahat. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka perlu untuk diadakan penelitian tentang pengaruh variasi kedalaman potong terhadap keausan mata pahat (VB) pada pemesinan bubut CNC tanpa cairan pemotong.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana efek kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap keausan tepi pahat karbida tanpa cairan pemotong.
2. Bagaimana pengaruh kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap Kecepatan Potong.
3. Bagaimana pengaruh kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap Kecepatan Penghasilan Geram.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Untuk mengetahui bagaimana efek kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap keausan tepi pahat karbida tanpa cairan pemotong.
2. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap Kecepatan Potong.
3. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman potong baja AISI-1045 terhadap Kecepatan Penghasilan Geram.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menjadi referensi bagi bengkel pemotongan logam.
2. Dapat meningkatkan penghasilan pengusaha bengkel pemotongan logam, karena penghematan biaya untuk membeli cairan pemotong.
3. Memberi kontribusi bagi keberlanjutan lingkungan dan kesehatan operator.
4. Dapat menghemat penggunaan listrik, karena tidak memerlukan pompa sebagai media penyemprotan pada cairan pendingin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemesinan Kering (*Dry Machining*)

Pemesinan kering adalah proses pemesinan yang tidak menggunakan fluida pendingin dalam pemotongannya. Proses pemotongan logam yang dilakukan tanpa adanya cairan pemotongan yang biasanya digunakan lebih sedikit yaitu 5 ml/min (minimal quantity lubrication) atau sama sekali tidak menggunakan media pendingin dan media pelumas. Pemesinan kering memiliki kelebihan yaitu tidak digunakannya cairan pemotongan, sehingga dapat mengurangi ongkos produksi sebesar 16-20% dan berpengaruh pada pelestarian lingkungan karena tidak adanya cairan pemotongan bekas yang dibuang ke alam bebas. Karena selain tidak ada cairan dalam 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. (Bobby Umroh, dkk, 2013) Pemesinan kering mempunyai beberapa masalah yang antara lain, gesekan antar permukaan benda kerja dan pahat potong, kecepatan keluar serpihan, serta temperatur potong yang tinggi. dan hal tersebut semuanya terkait dengan parameter pemesinan. Secara umum industri pemesinan pemotongan logam melakukan pemesinan kering adalah untuk menghindari pengaruh buruk akibat cairan pemotongan yang dihasilkan oleh pemesinan basah.

Pemesinan kering menjadi pilihan ketika dampak dari limbah pemotongan dapat merusak ekosistem dan mengganggu kesehatan operator. Dilaporkan oleh

Tonshoff dan Mohlfeld (1997) juga Sreejith dan Ngoi (2000), bahwa umumnya cairan pemotongan bekas disimpan dalam kontainer dan kemudian ditimbun di dalam tanah, selain itu juga telah diestimasi bahwa diantara 700.000 sampai 1.000.000 pekerja mengalami pengaruh buruk karena cairan pemotongan di Amerika setiap tahunnya. Metode pemesinan basah adalah sejumlah cairan pemotongan dialirkan ke kawasan pemotong selama proses pemesinan dengan tujuan menurunkan suhu pemotongan dan melumasi bagian-bagian pemesinan sehingga diharapkan permukaan pemesinan memiliki suatu integrit.

Pemesinan kering mulai ditempatkan pada prioritas utama pada proses pemesinan akhir-akhir ini. Berdasarkan ulasan dari beberapa pihak, minat dalam pengurangan atau menghilangkan penggunaan cairan pendingin dalam pemesinan semakin meningkat. Pemesinan kering diinginkan secara ekologi dan akan menjadi keharusan bagi perusahaan manufaktur di tahun-tahun mendatang (Sreejith dan Ngoi, 2000). Hal ini sangat relevan terhadap kondisi bahwa pemesinan yang menggunakan cairan pendingin atau pelumas pada proses pengerjaannya dapat memberikan dampak kurang baik terhadap operator maupun lingkungan. Ada dua hal mengapa minat akan penggunaan pemesinan kering meningkat :

- a. Mengurangi atau menghilangkan terbukanya operator terhadap resiko-resiko kesehatan yang mungkin akan terjadi seperti keracunan, iritasi kulit, gangguan pernafasan dan infeksi mikroba.
- b. Mengurangi biaya pemesinan. Sebuah kajian yang dilakukan sebuah perusahaan otomotif menunjukkan bahwa cairan pendingin memberikan kontribusi 16% dari biaya komponen yang dimesin.

Alasan kuat mengapa pemesinan kering mulai mendapat perhatian serius

yaitu karena pada pemesinan basah, cairan hasil pemotongan yang telah habis masa pakainya sebagai buangan dari industri pemotongan logam dapat mengancam kelestarian lingkungan. Cairan pemotongan bekas ini biasanya hanya dimasukkan ke dalam kontainer dan di timbun di bawah tanah. Selain itu, masih banyak praktek yang membuang cairan pemotongan bekas langsung ke alam bebas. Hal ini tentu berdampak merusak terhadap lingkungan sekitar (Mahayatra, 2012). Pemesinan kering dilakukan terutama untuk menghindari pengaruh buruk bagi kesehatan seperti yang telah diterangkan diatas, dari sudut pandang inilah kita dapat menyimpulkan bahwa pemesinan kering termasuk dalam pemesinan yang ramah lingkungan. Walaupun ada beberapa kelemahan dari proses pemesinan kering ini terutama gesekan antara permukaan benda kerja dengan pahat potong, pengeluaran geram yang dapat merusak benda kerja, serta suhu potong yang tinggi. Keuntungan lain dari penggunaan pemesinan kering adalah sebagai berikut :

- a. Ramah lingkungan, karena tidak menggunakan cairan pendingin.
- b. Penanganan produk dan geram lebih mudah karena tidak tercampur dengan cairan pendingin yang dapat saja mengganggu kesehatan operator.
- c. Ongkos produksi lebih murah karena dapat mengurangi ongkos terhadap pembelian, penyimpanan dan penanganan limbah cairan pendingin.
- d. Tidak memerlukan pompa sebagai media penyemprotan pada cairan pendingin sehingga dapat menghemat penggunaan listrik.
- e. Dapat digunakan pada seluruh pengerjaan pemesinan dan juga dapat melakukan pemotongan dengan berbagai material dari yang lunak hingga keras

Berikut ini beberapa tulis-tulisan tentang proses pemesinan kering sudah ada beberapa yang melakukan penelitian yang serupa, diantaranya adalah :

1. Gusri Akhyar Ibrahim (2014) dalam penelitian jurnalnya tentang “Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Paduan Titanium” menyimpulkan bahwa hasil pemesinan paduan titanium Ti-6Al-4V ELI menggunakan pahat karbida yang dilapisi dan tidak dilapisi dalam keadaan kering adalah bahwa nilai kekasaran permukaan sangat ditentukan oleh kadar suapan dan juga jari-jari ujung pahat potong. Tiga langkah trend-line dari grafik nilai kekasaran permukaan yakni nilai kekasaran permukaan tinggi pada awal pemotongan, stabil pada tahap kedua dan cenderung menurun hingga ke akhir umur pahat. Pengerjaan pengerasan berlaku di bagian bawah permukaan yang dimesin sehingga nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekerasan bahan asal. Selain itu juga berlaku proses pelembutan di bawah permukaan yang dimesin sebagai akibat dari panas lebih.
2. Sunarto, dan Sri Mawarni (2018) dalam penelitian jurnalnya tentang ”Pengaruh pemesinan laju tinggi keadaan kering terhadap pertumbuhan aus sisi (VB) pahat karbida berlapis (TiAlN/TiN) pada pembubutan paduan ALUMINIUM 6061” menyimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan potong akan menghasilkan kecepatan pertumbuhan aus sisi (VB) semakin cepat pada pemotongan paduan Aluminium 6061 keadaan kering menggunakan pahat karbida berlapis bahan TiAlN/TiN serta banyaknya Built Up Edge (BUE) yang mendominasi pada permukaan alat potong pada kecepatan potong 800 m/menit dan tidak ditemukan pada kecepatan potong 1000 dan 1200 m/menit.

2.1.1 Mesin bubut CNC

Mesin CNC singkatan dari Computer Numerically Controlled merupakan suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik

(data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai standart ISO. Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi.

Kata NC sendiri adalah singkatan dalam Bahasa Inggris dari kata Numerical Control yang artinya Kontrol Numerik. Mesin CNC pertama diciptakan pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an, dengan memodifikasi mesin perkakas biasa. Dalam hal ini Mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukkan kedalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan Mesin perkakas modern yang disebut Mesin CNC computer numerical control yang dikemudian hari telah merevolusi proses desain. Saat ini mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur modern. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk masal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat. Mesin CNC adalah salah satu mesin penunjang kegiatan produksi yang dilakukan di dunia. Mesin ini berfungsi untuk memproduksi komponen metal dengan ketepatan tinggi. (Wirawan Sumbodo, 2008).

Bubut merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan ke ujung mata

pahat yang digerakkan secara sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Disaat sekarang ini rata-rata perusahaan pemasok komponen-komponen mesin lebih memilih mesin bubut CNC dari pada mesin bubut konvensional dikarenakan mesin bubut CNC lebih akurat hasil pengerjaannya, jika dibandingkan dengan mesin bubut konvensional hasil pengerjaannya akan jauh berbeda karena mesin bubut konvensional terkadang tidak sesuai dengan keinginan para produsen tersebut.

2.2 Parameter Proses Pemotongan

Proses pemotongan suatu benda membutuhkan parameter atau variabel agar dihasilkan produk yang baik. Parameter tersebut dapat berbeda tergantung jenis material atau alat potong yang digunakan. Nilai dari parameter tersebut digunakan dalam persamaan-persamaan yang digunakan dalam proses pemotongan. (Rochim, 1993). Beberapa persamaan yang digunakan yaitu :

1. Kecepatan Potong (Cutting Speed)

Kecepatan potong biasanya dinyatakan dalam meter per menit, yaitu kecepatan dimana pahat melintasi benda kerja untuk mendapatkan hasil yang paling baik pada kecepatan yang sesuai. Kecepatan potong dipengaruhi oleh dua factor, yaitu :

- a. Kekerasan dari bahan yang akan dipotong.
- b. Jenis alat potong yang digunakan.

Kecepatan potong harus disesuaikan dengan kecepatan putaran spindle mesin bubut. Untuk keperluan ini digunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/min} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v = Kecepatan potong (m/menit)

$$d = \text{Diameter rata-rata benda kerja} = \frac{d_0 + d_m}{2} \text{ (mm)}$$

n = Putaran poros utama (benda kerja) (rpm)

2. Laju pemakanan atau asutan (Feeding)

Pemakanan atau asutan (feed) adalah pergerakan titik sayat alat potong per satuan putaran benda kerja. Dalam pembubutan, feed dinyatakan dalam mm/putaran. Laju pemakanan dinyatakan dalam persamaan :

$$V_f = f \cdot n \text{ (mm/menit)(2.2)}$$

Dimana :

f = Gerak makan (mm/radius)

n = Putaran (rpm)

3. Kedalaman pemotongan (*Depth of Cut*)

Kedalaman pemotongan adalah dalamnya masuk alat potong menuju sumbu-sumbu benda kerja. Dalam proses pembubutan *depth of cut* dapat diukur dengan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{d_0 - d_m}{2} \text{ (mm)(2.3)}$$

Kedalaman pemotongan diukur tegak lurus terhadap sumbu benda kerja.

4. Kecepatan putaran (n)

Kecepatan putaran (n) adalah satuan untuk menyatakan jumlah putaran spindel pada setiap menit. Kecepatan putaran ini dipengaruhi oleh nilai kecepatan potong dari material (benda kerja dan pahat) dan besar diameter benda kerja. (Taufiq Rochim, 2007) Kecepatan putaran dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$n = \frac{1000 \cdot C_s}{\pi \cdot d} \text{ rpm(2.4)}$$

Dimana :

D = Diameter benda kerja (mm)

C_s = Kecepatan potong (meter/menit)

π = Nilai konstanta = 3,14

5. Kecepatan Penghasilan Geram (*rate of metal removal*)

Kecepatan penghasilan geram secara teoritik, didefinisikan sebagai volume geram yang terbuang dalam satuan menit dimana lebar benda kerja tersapu secara maksimal oleh pahat yang dijadikan sebagai acuan. Kecepatan Penghasilan Geram dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

Dimana :

f = Gerak makan (mm/r)

a = Kedalaman pemotongan (mm)

v = Kecepatan potong (m/menit)

2.2.1 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, bertingkat, alur, chamfer, tirus, bentuk, memperbesar lubang, ulir dan memotong. Kemampuan/performa pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, jenis bahan/material yang digunakan, geometris pahat bubut dan teknik penggunaannya. Apabila beberapa faktor tersebut diatas dapat terpenuhi berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka pahat bubut akan maksimal kemampuannya/performanya.

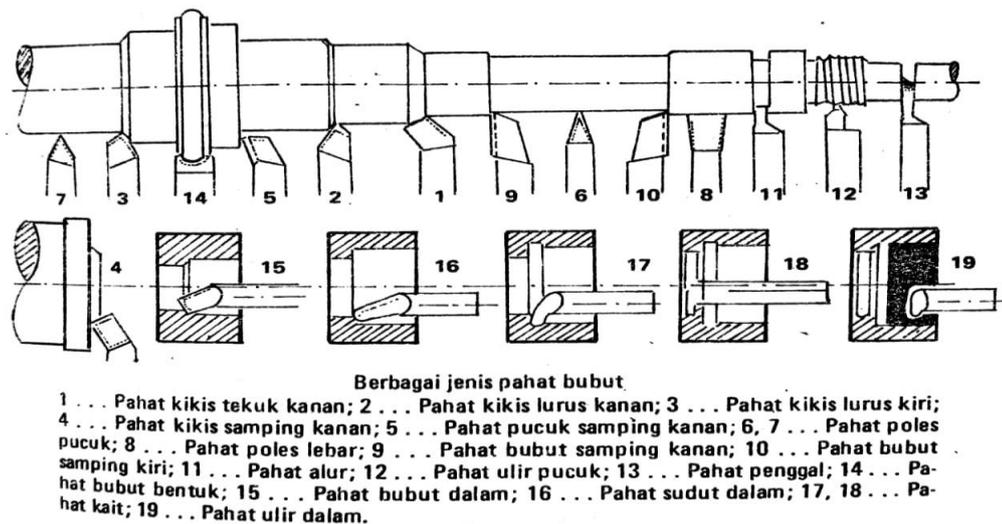
Pahat bubut yang akan dipakai dijepit pada eretan atas (penjepit pahat), kedudukan pahat diatur sedemikian rupa agar tinggi ujung pahat adalah sama tinggi dengan tinggi ujung senter.

Sudut-sudut pahat bubut tergantung pada bahan yang dibubut dan bahan pahat itu sendiri, sudut pahat yang besar memberikan kekuatan yang besar dan menghalau panas dari mata pemotongnya. Untuk mengerjakan bahan yang keras diperlukan sudut pahat yang besar. Sudut yang kecil memberikan mata pemotong yang lemah tetapi penyayatan lebih mudah. Untuk membubut logam yang lunak dan ukuran garis tengah kecil, kelonggaran depan dapat ditambah. Logam yang rapuh keras seperti besi tuang, beramnya patah menjadi serupih menimbulkan tegangan besar pada pahat, karena itu mata pemotongan pahat harus mempunyai kekuatan maksimum untuk mencegah pahat patah, mengasah sudut sayatan puncak akan menghilangkan logam dari belakang mata pemotong sehingga mata pemotongnya menjadi lemah.

Pahat yang banyak digunakan sekarang ini adalah pahat baja kecepatan tinggi, pahat ini tahan terhadap suhu 600°C karena mengandung perpaduan Wolfram, Vanadium, dan Chrom disamping karbon, sehingga baja ini mempunyai kecepatan sayat yang besar sekali. Baja kecepatan tinggi dipergunakan untuk mengerjakan bahan-bahan yang lebih keras misalnya : besi, baja, besi tuang dan lain-lain, pahat logam keras untuk mengerjakan bahan-bahan yang keras dan dapat bekerja dengan pemakanan sayatan yang tebal. (Wahyu Jatmiko, 2015)

Logam keras tahan terhadap suhu 1000°C dan tahan aus, kelemahannya adalah mempunyai sifat getas. Bentuk pahat bubut ini bermacam-macam tergantung dari fungsinya, hal ini berarti bahwa suatu macam bentuk pahat bubut

prinsipnya tidak boleh dipakai untuk bermacam-macam pengerjaan, misalnya pahat bubut rata semata-mata untuk membubut permukaan memanjang dari benda kerja dan tidak boleh untuk membubut ulir. Berbagai jenis bentuk pahat dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Berbagai jenis bentuk pahat

2.2.2 Kerusakan/keausan Pahat

Selama proses permesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Gesekan yang dialami pahat oleh permukaan geram yang mengalir dan permukaan benda kerja yang telah terpotong. Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini akan makin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan. Lamanya waktu untuk mencapai batas keausan ini yang didefinisikan sebagai umur pahat (*Tool Life*). Data mengenai umur pahat ini sangat diperlukan dalam perencanaan proses permesinan suatu komponen/produk. Contoh pada produksi komponen beberapa pahat harus diganti, ini dapat diketahui dengan menghitung waktu total yang diperlukan untuk memotong satu produk kemudian dibandingkan dengan umur

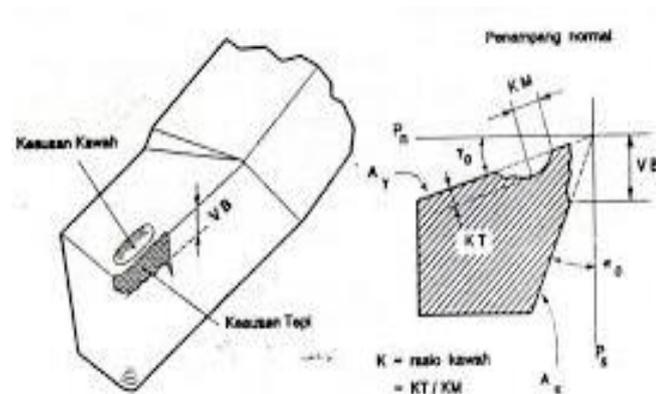
pahat yang dipakai. Contoh lain sampai batas keausan yang bagaimana dari pahat sehingga tidak mengganggu ketelitian produk yang dihasilkan, karena diketahui bahwa pahat yang mengalami keausan akan mempengaruhi ketelitian produk yang dihasilkan. Umur pahat dapat diketahui dari brosur atau katalog yang dikeluarkan oleh produsen/penjual pahat, tetapi katalog ini tidak menginformasikan dengan jelas dan lengkap tentang pemakaian untuk pemotongan bendakerja apa. Umur pahat dapat juga diketahui dari Buku Pegangan Data Permesinan. Umur Pahat secara pasti diketahui dari hasil pengujian permesinan (secara empiris) untuk pasangan material benda kerja dan pahat tertentu. (Hendri Budiman & Richard, 2007).

Bidang aktif pahat yang mengalami kerusakan/keausan selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain :

1. Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
2. Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
3. Deformasi plastik yang akan mengubah bentuk/ geometri pahat.

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan makin cepat 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. Keausan kawah dan keausan tepi dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Keausan kawah dan keausan tepi

2.2.3 Mekanisme Dasar Kehausan Pahat

1. *Adhesive*

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 yaitu :

- 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 temperatur. Hal inilah yang merupakan membatasi 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.

2.2.4 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. Keausan 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 keausan merupakan 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 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, serta dapat membahayakan operator yang menggunakan mesin tersebut. Oleh sebab itu, untuk menghindari hal tersebut ditetapkan suatu batas harga keausan (dimensi dari keausan tepi atau keausan kawah) yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan. Sebagai contoh, berdasarkan pengalaman, batas keausan yang diijinkan bagi suatu jenis pahat yang digunakan untuk memotong suatu jenis benda kerja adalah seperti tabel berikut 2.1.

Tabel 2.1 Contoh Batas Keausan Kritis

Pahat	Benda kerja	Vb(mm)	K
HSS	Baja dan Besi Tuang	0.3 s/d 0.8	-
Karbida	Baja Karbon	0.2 s/d 0.6	0.3
Karbida	Besi Tuang & Non Ferrous	0.4 s/d 0.6	0.3
Keramik	Baja & Besi Tuang	0.3	-

Vb = Harga keausan tepi

K = Rasio Kawah (crater ratio)

Tabel tersebut merupakan petunjuk umum batas keausan, dimana harganya tergantung pada jenis pahat dan benda kerja. Semakin keras pahat yang digunakan atau semakin tinggi gaya potong spesifik maka diperlukan batas keausan yang rendah. Pengukuran dimensi keausan secara langsung memerlukan penghentian/interupsi proses pemesinan, pengambilan pahat, pengukuran keausan dengan mikroskop dan pemasangan kembali. Dalam praktek hal ini tidak selalu mudah untuk dilakukan, terutama dalam proses produksi yang sesungguhnya dimana gangguan atas kelancaran proses produksi tidaklah diizinkan. Keausan pahat akan menimbulkan efek sampingan yaitu :

- a. Kenaikan gaya potong
- b. Getaran/chatter
- c. Penurunan kehalusan permukaan hasil pemesinan, dan/atau perubahan dimensi/geometri produk.

2.2.5 Pahat Carbide

Pahat carbide merupakan jenis alat potong yang digunakan pada proses pemesinan, salah satunya proses bubut. Pahat ini dibuat melalui proses sinter bahan Tungsten Carbide (WC) dengan bahan pengikat Cobalt (Co). Adapun lapisan

tambahan atau coating yang digunakan seperti Titanium Nitride (TiN), Titanium Carbide (TiC), Titanium Carbon Nitride (TiCN), dan Aluminium Oxide (Al₂O₃). Setiap bahan pelapis memiliki kegunaan masing-masing misalnya bahan pelapis TiN dapat mengurangi gesekan pada saat pemotongan. Proses coating terbagi menjadi dua yaitu secara Chemical Vapor Deposition (CVD) dan Physical Vapor Deposition (PVD). Pelapisan dengan metode CVD menggunakan suhu yang tinggi dan hasil lapisan cukup tebal, sedangkan pada proses PVD, suhu yang digunakan lebih rendah dan hasil lapisannya lebih tipis. Industri manufaktur pembuat pahat carbide biasanya mencantumkan keterangan jenis pelapis menggunakan kode tertentu yang berada pada bagian sisi pahat. Setiap pahat carbide memiliki standar untuk memudahkan identifikasi karena jenisnya yang bermacam-macam. Umumnya, industri manufaktur pahat carbide menggunakan standar yang telah baku. Kode pada pahat carbide berisi informasi tentang bentuk, tebal insert, sudut potong, besar radius dan lain-lain. Berikut standar pengkodean pahat carbide. Insert Carbide dapat dilihat pada gambar 2.3. (Eka Yogaswara, 2016).



Gambar 2.3 Insert Carbide