

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai saat ini, permesinan untuk memfabrikasi komponen-komponen mesin dilakukan dengan permesinan basah yaitu proses permesinan dengan menggunakan cairan pemotong (Wahyu,2004). Dalam penggunaan cairan pemotong 16% sampai dengan 20%, Jika 16%-20% digunakan, ongkos produksi total dari industry manufaktur yang ada didunia pasti menggunakan biaya sampai milyaran dolar. Jadi disarankan supaya cairan pemotong dapat dikurangi ataupun bisa ditiadakan.

Cairan pemotong juga dapat mengakibatkan gangguan Kesehatan bagi operator, seperti gangguan pernapasan dan penyakit kulit. Selain itu juga dapat berdampak pada lingkungan , untuk menanggapi paparan yang diatas pakar permesinan menawarkan untuk menggunakan konsep permesinan kering yaitu konsep permesinan ramah lingkungan (sina,2000).dimana proses bubut kering tidak lagi menggunakan cairan pemotong.

Selama proses pemesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dan benda kerja terpotong sedangkan pahat akan mengalami gesekan. Akibat gesekan ini pahat akan mengalami keausan. Keausan pahat semakin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan (perlu pergantian pahat). Lamanya waktu untuk mencapai batas keausan pahat ini yang disebut sebagai umur pahat. Pemotongan logam dengan proses bubut membutuhkan parameter yang melibatkan kondisi pemotongan dari kemampuan

pahat potong. Untuk mencapai kondisi pemotongan yang optimal diperlukan adanya kombinasi antara kecepatan potong, pemakanan dan kedalaman potong yang terkait dengan umur pahat dan kualitas permukaan hasil pemesinan.

Proses pemesinan dengan pembubutan kering bahwa kecenderungan terbentuknya penumpukan geram lebih besar dibandingkan dengan pemesinan basah. (Bulloch, 2004) menyatakan bahwa temperatur tinggi pada permukaan mesin akan menyebabkan terjadinya perubahan mikrostruktur pada benda kerja hasil pemesinan. Untuk mengatasi hal ini perlu dipilih pahat yang memiliki sifat perlakuan tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi maka aktif dari pahat tersebut sangat berpotensi menyebabkan terjadinya keausan dengan konsekuensi akan mempengaruhi gaya pemotongan maupun dapat mempengaruhi permukaan benda kerja hasil pemesinan. Diharapkan dari kegiatan riset ini dapat menganalisa keausan tepi mata pahat (*flank wear*) sebagai kondisi terhadap kondisi pemotongan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi kondisi pemotongan terhadap tingkat keausan tepi pahat *Insert Carbide* DNMG 150404 setelah dilakukan proses pembubutan CNC (*Computer Numerical Control*) pada material baja ST 41.
2. Bagaimana kualitas jenis baja ST 41

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi pada pengaruh variasi kondisi pemotongan, adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Proses pemesinan menggunakan mesin bubut CNC (*Computer Numerical Control*).
2. Pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah mata pahat *Insert Carbide* DNMG 150404 .
3. Material yang digunakan pada penelitian adalah baja karbon rendah ST 41
4. Metode pembubutan pada penelitian ini adalah pembubutan kering.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi pemotongan terhadap tingkat keausan pada mata pahat *Insert Carbide* DNMG 150404 .
2. Untuk mengetahui variasi kondisi pemotongan manakah yang paling mempengaruhi tingkat keausan pahat

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh variasi kondisi pemotongan terhadap tingkat keausan pahat.
2. Sebagai bahan referensi bagi penelitian dan sejenisnya dalam rangka untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang pengaruh variasi kondisi pemotongan terhadap tingkat keausan pada mata pahat *Insert Carbide* DNMG 150404 .
3. Untuk menambah ilmu pengetahuan dibidang pembubutan khususnya bagi penulis sendiri.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 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.



Gambar 2.1 Mesin Bubut CNC

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. (Daryanto, 1992. Mesin Perkakas Bengkel, Jakarta : Rineka Cipta)

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 makanan mata pahat dikalikan dengan kecepatan putaran benda kerja.

2.1.1 Bagian-Bagian 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*.

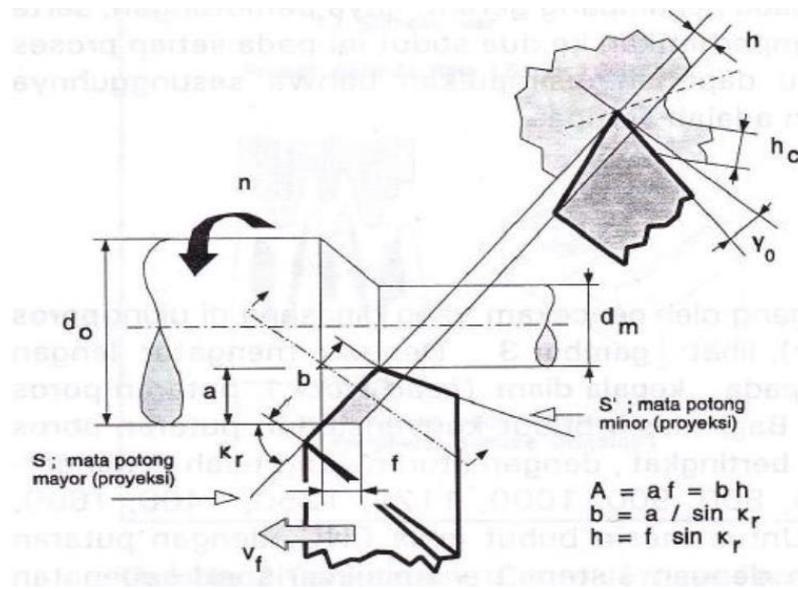


Gambar 2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut CNC

2.1.2 Cara Kerja Mesin Bubut

Benda kerja diikat atau dipegang dengan suatu alat pemegang atau pengikat 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 dipasang pada pengikat pahat disebut juga *tool-post*. *Tool-post* dapat bergerak sejajar dengan benda kerja atau membujur. Alat ini dipasang diatas eretan kecil yang diletakkan diatas asutan melintang (*cross slide*), dan keduanya diletakkan diatas asutan membujur yang disebut pula support. Karena pahat beserta *tool-post* nya diletakkan diatas asutan melintang, maka pahat dapat bergerak melintang dan membujur. Jadi tebal muka sayatan pahat dapat ditambah. (syamsudin, 1999)

2.2 Parameter Mesin Bubut.



Gambar 2.3 Parameter Proses Pembubutan

Dalam Teori dan Teknologi Proses Permesinan (Rochim, 1993) secara umum pada proses bubut terdapat tiga parameter utama yaitu kecepatan potong (v), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Elemen dasar pada proses bubut dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan gambar 2.7 di atas dimana kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

a. Benda Kerja :

D_o = diameter awal ; mm.

D_m = diameter akhir ; mm.

l_t = panjang permesinan.

b. Pahat :

κ_r = mm, sudut potong utama.

γ_o = sudut geram.

c. Mesin Bubut

a = kedalaman potong ; mm.

$$a = (d_o - d_m) / 2 ; \text{ mm} \dots \dots \dots (2.1)$$

f = gerak makan ; mm/r .

n = putaran poros utama (benda kerja) ; r/min.

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus ini :

a. Kecepatan Potong

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

b. Kecepatan Makan

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

c. Waktu Pemotongan

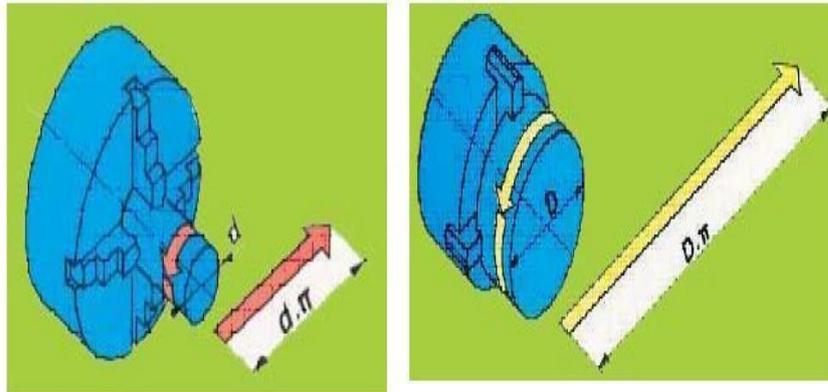
$$T_c = l_t \times v ; \text{ min} \dots \dots \dots (2.4)$$

d. Kecepatan Penghasil Geram

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

Dari parameter yang disebutkan diatas, parameter utama yang secara umum dapat diatur pada mesin bubut yaitu kecepatan putaran spindle (*speed*), Kecepatan makan (*feeding*), Kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada Mesin Bubut. Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindel*) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran permenit (*rotations 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 (Gambar 2.4). 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 2.4 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. Gerak 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 kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong (a).

2.3 Pemesinan kering (Dry Machining)

Saat sekarang ini pengembangan pemesinan kering (*Dry machining*) hangat dibicarakan dikalangan orang teknologi pemesinan. Pemesinan kering pada industri manufaktur sekarang ini masih sedikit sekali atau boleh dikatakan masih dalam tahap uji coba, ini disebabkan karena belum tegaknya undang-undang

lingkungan hidup dan masih minimnya pahat yang direkomendasi untuk pemesinan kering, sehingga industri manufaktur masih tetap bertahan pada sistem yang lama yaitu pemesinan basah. (Molinary & Nouari 2003; Grzesik & Nieslony 2003).Ada empat faktor yang menyebabkan pemesinan kering menjadi menarik dibicarakan yaitu :

1. Pemesinan kering hanya dipilih untuk mengatasi masalah pemutusan atau penguraian rantai ikatan kimia yang panjang dengan waktu paruh yang sangat lama (*non biodegradable*) yang potensial untuk merusak lingkungan.
2. Teknik pemesinan kering sangat potensial untuk mengurangi biaya produksi. Hasil riset menunjukkan bahwa pada industri otomotif Jerman biaya cairan pemotongan (7-20) % dari biaya pahat total . Jumlah ini adalah dua sampai empat kali lebih besar dari biaya pahat potong.
3. Teknik pemesinan kering adalah teknik pemesinan yang proses pemesinanya tidak menimbulkan limbah yang merusak lingkungan. .Material pahat yang cocok dipakai seperti karbida berlapis titanium nitrida, CBN, dan PCD yang mempunyai sifat sebagai material yang rapuh. Material pahat tersebut mudah retak dan terkelupas serta lebih mudah patah yang disebabkan tegangan termal karena tidak ada cairan pemotongan (Graham 2000; Che Haron 2001) .
4. Salah satu cara pemesinan yang tidak menimbulkan limbah dan pengabutan udara serta tidak menimbulkan sisa pada serpihan adalah pemesinan kering (Sreejith & Ngoi 2000; Sokovic & Mijanovic 2001) .

Keuntungan utama dari cairan pemotongan adalah untuk mengurangi panas dan gesekan yang ditimbulkan sepanjang daerah pemotongan serta juga bermanfaat untuk membersihkan serpihan dari daerah pemotongan. Jika cairan

pemotongan tidak digunakan pada proses pemesinan maka kedua keuntungan di atas tidak diperoleh mengakibatkan koefisien gesekan serta suhu pemotongan meningkat sehingga akan menimbulkan keausan pada pahat yang disebabkan difusi pahat. Mekanisme keausan pahat ditunjukkan dalam pemotongan kering beban kerja tinggi (beban termal) Sebaliknya dalam perspektif pahat sebagai material yang rapuh, pemotongan kering memberikan manfaat untuk menghindari tegangan termal yang umumnya diindikasikan oleh keretakan sisir (*comb crack*) pada permukaan pahat potong (Che Haron 2001).

Pahat potong dioptimalkan dengan pemilihan material pahat bersalut dan geometri pahat yang sesuai. Material yang tahan terhadap suhu yang tinggi dan keausan tinggi adalah karbida, sermet, keramik, CBN dan PCD. Tujuan penggunaan pemesinan kering ini, untuk mencapai peningkatan kemampuan mesin dengan mengurangi koefisien gesekan dan panas selama proses pemotongan. Sekarang ini material yang berlapis telah ditemukan menjamin suksesnya pemesinan kering. Studi literatur menyatakan bahwanya pengaruh cairan pemotongan yang digunakan terhadap dampak lingkungan pertama sekali dianalisa dan dipublikasikan (Klocke and Eisenblatter 1997). Mereka melaporkan bahwa pemesinan kering dapat dilakukan dengan hasil yang diharapkan pada besi tuang, carbon dan baja tuangan. Graham 2000 juga melaporkan bahwa perubahan dari pemesinan yang menggunakan cairan pemotongan ke pemesinan kering dapat dilakukan untuk beberapa logam seperti baja, besi tuang dan aluminium (Sreejith and Ngoi 2000) di dalam papernya berjudul pemesinan kering untuk masa yang akan datang sangat diharapkan.

Graham 2000 ; Sreejth and Ngoi 2000 melaporkan bahwa pemesinan yang sukses untuk masa yang akan datang adalah pemesinan kering dengan menggunakan pahat potong karbida berlapis, CBN, Sialon dan PCD. CBN dan PCD telah banyak digunakan untuk pemesinan kering kecepatan tinggi 1000 m/menit. Dalam kasus baja paduan, beberapa peneliti melaporkan bahwa karbida berlapis Keramik, CBN dan PCD sangat potensial digunakan (Che Haron et al.2001, Grzesik & Nieslony 2003).Fakta yang susah diterima dari pemesinan kering adalah tidak adanya bukti yang tersedia untuk membuktikannya dengan jelas. Mereka hanya melakukan pengujian dan penyelidikan dengan memberikan informasi prestasi dari setiap pahat potong dalam pemesinan kering dengan material benda kerja tertentu dengan pemotongan kering. Tak ada orang dapat menjamin bahwa pemesinan kering lebih baik dari pemesinan dengan menggunakan cairan pemotongan. Hal ini yang akan dibuktikan menggunakan mesin bubut oleh peneliti dalam riset ini dengan pengkajian yang mendalam tentang penggunaan pahat serta karakteristik pahat yang tahan terhadap suhu tinggi dan tegangan termal yang tinggi. Dalam riset ini peneliti menggunakan spesimen baja ST 41 baja karbon rendah dengan bentuk poros silinder hasil pengujiannya. Pemotongan yang dilakukan dengan menggunakan cairan pemotongan dan tanpa cairan pemotongan dengan mesin bubut. Hasil dari spesimen dengan menggunakan cairan pemotongan dan tanpa cairan pemotongan dibandingkan. Jika hasilnya sama atau lebih baik dengan pemesinan kering maka sukseslah penggunaan pemesinan kering, jika belum maka masih diperlukan pengkajian lebih dalam tentang pahat potong yang digunakan.

2.4 Tipe Baja dan Baja ST 41

2.4.1 Tipe Baja

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 suatu paduan. Kandungan karbon pada baja sekitar 0,1% – 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 persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang sangat besar terhadap sifatnya. Tujuan utama dari penambahan unsur campuran lain kedalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari unsur karbon. Apabila dibandingkan dengan unsur karbonnya maka dibutuhkan sebagian besar unsur campuran lain 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 yang mengandung karbon di atas 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 dalam besi, campuran ini disebut sebagai sementit (Fe_3C) yang mengandung 6,67% karbon. Sementit bersifat keras dan rapuh. Apabila baja dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat maka keseimbangannya akan 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..

Baja karbon rendah Baja ini disebut 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 dijadikan mur, baut, sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder dan penggunaan yang hampir sama. Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dengan keadaan panas. Hal itu ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya dibagian permukaan berwarna hitam.

Baja karbon sedang Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3% - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. *Heat treatment* menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sangkup dan alat angkat presisi.

Baja karbon tinggi Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6% – 1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Jika baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas. Baja ini digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

2.4.2 Baja ST 41

Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,13%-0,18%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja ST 41

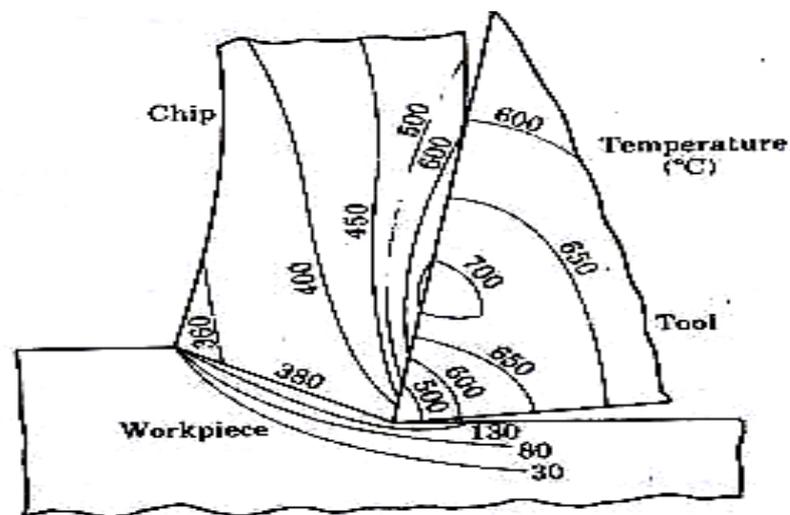
Unsur	Komposisi
C	0.13-0.18
Si	0.15-0.35
Mn	0.5-0.7
P/S	0.050 Max
Fe	98.81-99.26%

2.5 Prestasi Mata Pahat

Prestasi pahat dalam artian pertumbuhan aus pahat, ragam kegagalan pahat, mekanisme aus pahat, laju aus pahat dan umur pahat. Pada dasarnya dimensi keausan pahat menentukan batasan umur pahat, dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Dalam bidang pemotongan logam, pahat potong harus tahan terhadap panas yang ekstrim, tekanan yang tinggi dan getaran kejut. Panas yang ekstrim dapat menurunkan kemampuan ikatan butiran pahat dan sifat mekanik pahat serta memicu cepat terjadinya reaksi kimia antara pahat dan benda kerja (Cook 1973).

2.5.1 Suhu Pemotongan dan Keausan Pahat

Hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara gram 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 gram, sebagian merambat melalui pahat dan sisanya mengalir melalui benda kerja menuju sekelilingnya. Suhu yang timbul tersebut cukup besar dan karena luas bidang kontak relatif kecil, maka suhu pahat terutama bidang gram dan bidang utamanya akan sangat tinggi, karena tekanan yang tinggi akibat gaya pemotongan serta suhu yang tinggi membuat permukaan aktif dari pahat akan mengalami keausan.



Gambar 2.5 Suhu Pahat , Geram , Benda Kerja

Besarnya energi mekanik persatuan waktu yang diubah menjadi energi panas persatuan waktu

$$Q = Q_{zh} + Q_y + Q_\alpha \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana Q = suhu total yang dihasilkan perdetik.

$$Q = \frac{F_v \cdot v}{60} \dots \dots \dots (2.7)$$

Q_{sh} = suhu yang dihasilkan perdetik pada bidang geser

$$Q_{sh} = \frac{F_s \cdot V_s}{60} \dots\dots\dots(2.8)$$

Q_γ = suhu yang dihasilkan perdetik pada bidang gram

$$Q_\gamma = \frac{F_s \cdot V_s}{60} \dots\dots\dots(2.9)$$

Q_α = suhu yang dihasilkan perdetik pada bidang utama.

Besarnya suhu yang tergenerasi pada bidang deformasi dapat ditentukan dengan persamaan 2.10

$$P_s = P_m - P_f \dots\dots\dots(2.10)$$

Atau

$$P_s = F_s \cdot V_s \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

P_s = suhu yang tergenerasi pada bidang geser

P_m = suhu total yang tergenerasi

P_f = suhu yang tergenerasi pada bidang gesek

Kecepatan geser V_s (*shear velocity*)

$$P_s = \frac{V_c \cdot \cos \gamma}{\cos(\phi - \gamma)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Kecepatan potong V_c (C)

$$V_c = n \cdot \pi \cdot d \dots\dots\dots(2.13)$$

Selain itu panas juga terjadi pada beberapa bagian akibat konduksi suhu yang berasal dari daerah deformasi yang kedua (Secondary deformation zone) terutama terhadap mata pahat. Suhu total yang tergenerasi (P_m) dapat ditentukan dengan :

$$P_m = P_s + P_f \dots\dots\dots(2.14)$$

Atau

$$P_m = F_v \cdot V_c \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana

$$P_f = E_f \cdot V_o \dots\dots\dots(2.16)$$

Dan

$$V_o = V \cdot \frac{V_c}{h} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

Suhu permukaan mata pahat menjadi lebih tinggi seiring dengan naiknya kecepatan potong. Dengan menggunakan persamaan lingkaran *Merchant's* dapat ditentukan gaya pemotongan F_v sebagai berikut:

$$F_v = \tau_{shi} A \frac{\cos(h-go)}{\sin \phi \cos(\phi+h-go)} \dots\dots\dots(2.18)$$

Selanjutnya gaya makan F_f dapat ditentukan

$$E_f = F_v \tan g(h - go) \dots\dots\dots(2.19)$$

Gaya geser F_s dapat digantikan dengan penampang bidang geser dan tegangan geser

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

T_{shi} = Tegangan geser pada bidang geser (N/mm²)

A_{shi} = Penampang bidang geser

A = Penampang geram sebelum terpotong

Rumus gaya pemotongan adalah :

$$F_v = \tau_{shi} A \frac{\cos(h-go)}{\sin \phi \cos(\phi+h-go)} \dots\dots\dots(2.21)$$

Secara empirik rumus gaya pemotongan dapat ditentukan sebagai berikut

$$F_v = K_s \cdot A \dots\dots\dots(2.22)$$

Atau

$$K_s = K_{s11} \cdot F^z \cdot C_k \cdot C_\gamma \cdot C_{vb} \cdot C_v \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana

K_s = gaya pemotongan spesifik (N/mm²)

K_{s11} = gaya pemotongan spesifik refrensi (N/mm²)

Z = Pangkat tebal gram (rata-rata bernilai 0.2)

C_k = Faktor koreksi terhadap sudut potong

C_γ = Faktor koreksi terhadap sudut geram

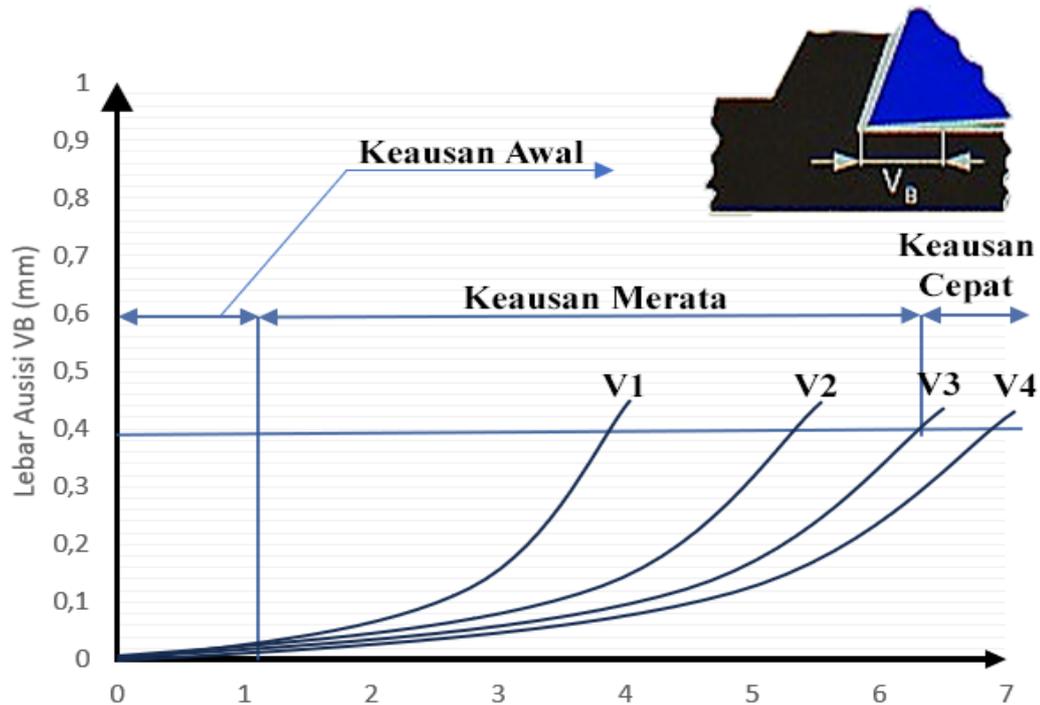
C_{vb} = Faktor koreksi terhadap keausan tepi

C_v = Faktor koreksi terhadap kecepatan potong

2.6 Umur Pahat

Dearnley dan Trent (1982) melaporkan ragam kegagalan pahat meliputi jenis-jenis kerusakan pahat sebagai berikut :

- 1 Keaus kawah (*Crater Wear*)
2. Keretakan *thermal*.
3. keausan *nose*.
- 4 .Takikan dalamnya pemotongan.
5. Aus tepi (*Flank Wear*)



Gambar 2.6 Pertumbuhan Keausan Tepi Mata Pahat

a. Keausan Mata Pahat (*Creater Wear*)

Keausan kawah yang terjadi pada muka pahat akibat suhu yang tinggi pada kawasan antar muka pahat dan serpihan dan ikatan kimia antara bahan pahat dan benda kerja. Jenis keausan ini disebabkan oleh interaksi kimia antara serpihan yang panas dan bahan pahat. Bila pahat yang digunakan untuk pemesinan kecepatan tinggi, panas pahat diserap kedalam serpihan dan terbawa bersama serpihan, dalam kasus ini terbentuk kawah. Pembentukan kawah yang berlebihan akan melemahkan sudut potong, menghalangi keteraturan aliran serpihan dan menaikkan panas serta tekanan pada pahat. Keausan pahat dapat menjadi penyebab kegagalan pahat (David Gibbs, Thomas M. Crandell 1991). Serpihan yang mengalir melewati sudut geram (rake face) menyebabkan gesekan terjadi pada bidang kontak serpihan dan pahat dan meninggalkan bekas pada sudut geram (*rake face*).

Keausan kawah akan meningkatkan kerja sudut (*face*) dan mengurangi gaya juga akan melemahkan kekuatan mata potong (*cutting edge*).

Panas dan tekanan yang dihasilkan dari pemesinan dapat menyebabkan ikatan butiran pahat potong melunak, diikuti butiran carbide bergerak. Pada kelanjutan deformasi *thermal* dan tekanan pemotongan meningkat, gerakan pahat diikuti oleh perpatahan. (Kalpakjian 2001).

b. Retak Yang Diakibatkan Panas (Retak Termal)

Perbedaan suhu yang tinggi antara sudut potong dan bulk dari pahat menyebabkan retak secara melingkar pada sudut potong. Retak berkelanjutan secara perlahan mengarah kesumbing dan selanjutnya terjadi kepatahan pahat. (kalpakjian 2001)

c. Aus Pojok (Keausan Nose)

Bila pemesinan dilakukan pada campuran baja keras, deformasi lokal dari nose pahat ke benda kerja dapat terjadi. Pada keausan nose pahat, permukaan finishing rusak. (kalpakjiaan 2001).

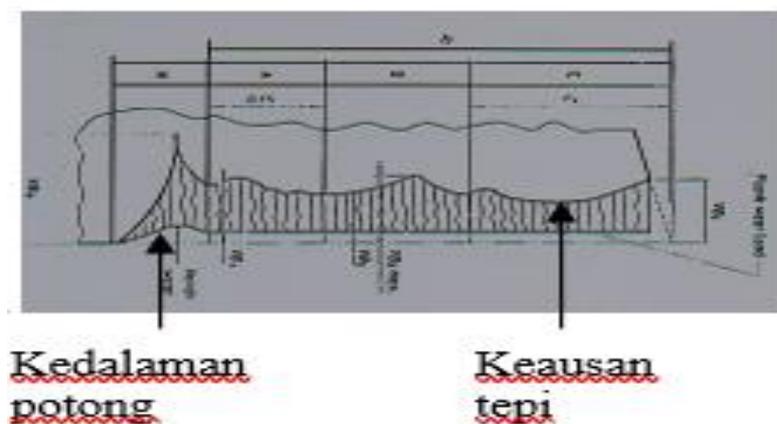
d. Takik Dalamnya Pemotongan

Bila pengerasan material benda kerja dilakukan pada pemesinan baja paduan kelas tinggi AISI 4337, akan menaikkan gaya pemotongan yang mengakibatkan suhu tinggi dan takik dalamnya pemotongan memicu kepatahan pahat.

e. Keausan Tepi (*Flank Wear*)

Aus tepi (*flank wear*) terjadi akibat terbentuknya bentangan aus yang tidak selalu uniform sepanjang sisi potong. Keausan ini dapat diukur dengan menggunakan rata-rata dari ukuran bentangan aus maksimum VB_{max} , daerah

moderat dan peta keausan pahat pada kecepatan potong yang rendah, pertumbuhan keausan tepi mungkin menjadi lebih besar, dimana mekanisme abrasi dan kerusakan BUE menjadi dominan. Sebaliknya untuk kecepatan potong yang terlalu tinggi mekanisme difusi akan menyebabkan timbulnya keausan kawah dan bersamaan dengan itu laju pertumbuhan kedua jenis keausan akan menjadi cepat. Kecepatan makan juga akan mempengaruhi pertumbuhan keausan. Untuk waktu pemotongan yang tetap dimensi keausan yang terjadi dapat mencapai harga bervariasi. Pada suatu kecepatan makan yang tertentu dimulai dengan kecepatan potong yang rendah keausan tepi VB_{max} mencapai harga yang besar, kemudian mengecil dan selanjutnya membesar terus dengan naik kecepatan potong. Pada saat keausan tepi mulai terus membesar keausan kawah mulai membesar dimana sebelumnya hampir tidak terjadi keausan kawah. Kecepatan potong yang memberikan kondisi di atas dapat disebut sebagai kecepatan potong moderat.



Gambar 2.8 Skema Keausan Pahat Potong

Karena disekitar harga tersebut keausan yang terjadi tidak terlampaui tinggi selama waktu pemotongan tertentu. Harga kecepatan potong moderat tersebut akan turun bila kecepatan makan dipertinggi,

Proses pemesinan dilakukan untuk pemesinan poros industri yang terdiri dari proses bubut, dimana bidang yang dihasilkan adalah silindrik. Elemen dasar dari proses bubut dapat dihitung dengan persamaan – persamaan berikut ini:

$$a = ((d_o - d_m)/2) \dots \dots \dots (2.24)$$

d_o = diameter awal (mm) , d_m = diameter akhir (mm), a = kedalaman potong (mm).

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$d = (d_o + d_m)/2 \dots \dots \dots (2.26)$$

V = kecepatan potong (m/min) ; n = putaran poros utama (r/min) d = diameter rata-rata (mm)

$$V_f = f \cdot n \dots \dots \dots (2.27)$$

V_f = kecepatan makan (mm/min) ; f = gerak makan (mm / r)

$$T_c = \frac{l_c}{v} \dots \dots \dots (2.28)$$

t = waktu pemotongan (min); l_t = panjang pemotongan (mm)

$$z = A \cdot V \dots \dots \dots (2.29)$$

$$A = f \cdot a \dots \dots \dots (2.30)$$

Z = kecepatan penghasilan gram

$$Z = f \cdot a \cdot v \text{ (m}^3\text{/min)} \dots \dots \dots (2.31)$$

$$f = V_f \cdot I \cdot z \cdot n \text{ (mm/gigi)} \dots \dots \dots (2.32)$$

$$T_c = l_t / V_f \dots \dots \dots (2.33)$$

$$Z = (V_f \cdot a \cdot w) / 1000 \text{ (cm/min)} \dots \dots \dots (2.34)$$

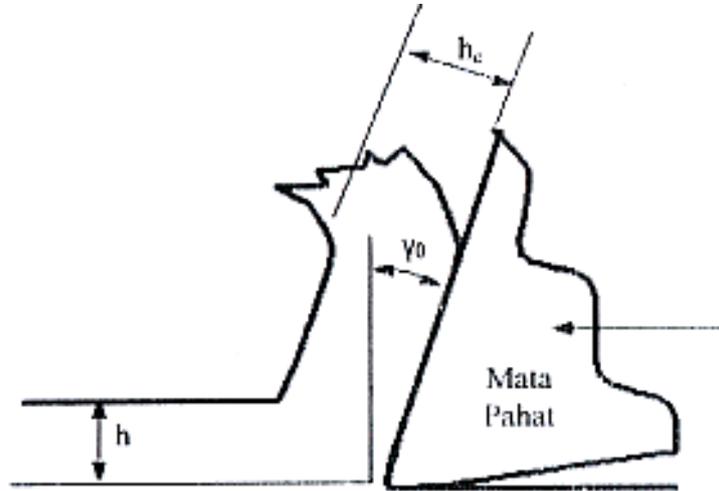
$$\text{Lebar Pemotongan} = b = \frac{a}{\text{Sink}_r} \dots \dots \dots (2.35)$$

Tebal geram sebelum terpotong

$$h = f \sin k_r \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.36)$$

Penampang gram sebelum terpotong

$$A = f \cdot a = b \cdot h \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.37)$$



Gambar 2.9 Penampang Gram Sebelum Terpotong dan sesudah terpotong

2.6.1 Umur mata Pahat

Standar ISO 3685, 1993 memberikan suatu defenisi untuk aus pahat seperti perubahan bentuk pahat dari bentuk kondisi asli kebentuk pahat terdeformasi selama proses pemotongan. Sifat- sifat yang harus dimiliki pahat adalah kekerasan, ketanguhan, ketahanan panas dan keausan rendah. Aus pahat merupakan proses yang terjadi secara berangsur-angsur seperti menumpulnya ujung pensil yang digunakan terus menerus untuk menulis, kadar keausan bergantung kepada bahan pahat dan benda kerja yang dipotong. Suhu permukaan bidang aktif pahat menentukan keausan yang disebabkan oleh mekanisme difusi dan deformasi.

Untuk harga yang tetap bagi batas dimensi keausan dan penampang gram, serta kombinasi pahat dan benda kerja yang tertentu, maka persamaan 2.38 dapat ditulis sebagai berikut :

$$V \cdot T^{\frac{1-4m}{2-4m}} = C_T \text{ atau } VT^n = C_r \dots\dots\dots(2.38)$$

Harga eksponen n dalam rumus Taylor ditentukan oleh harga eksponen m dari koreksi dua besaran tak berdimensi π_3 dan π_4 . Berbagai kemungkinan harga eksponen tersebut ditunjukkan pada tabel 2.1 dengan harga yang sesuai bagi suatu jenis pahat berdasarkan hasil yang diperoleh dalam peraktek untuk pemotongan baja paduan kelas tinggi.

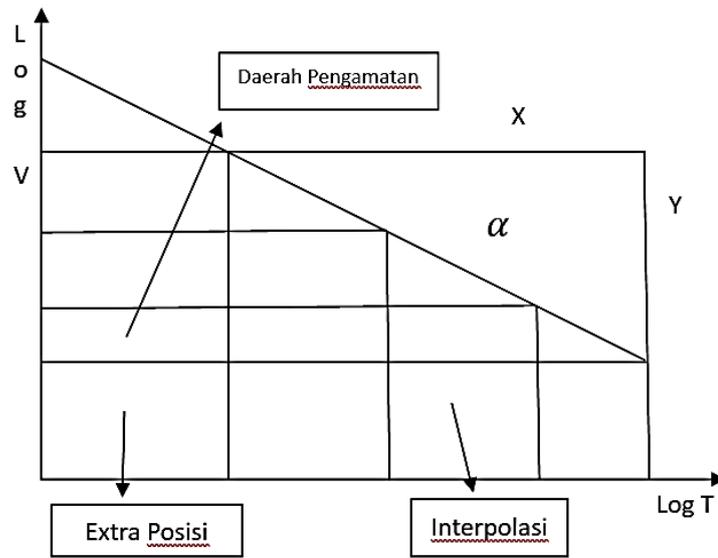
Tabel 2.2 Harga Eksponen n dan m

m	0	0,125	0,125	0,188	0,2	0,214	0,222	0,228	0,246	0,25
N	0,5	0,4	0,333	0,2	0,167	0,125	0,1	0,08	0,01	0
Jenis Pahat										

Bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong. dari gambar 2.6 umumnya data pengamatan keausan terhadap waktu tersebar disekitar garis lurus.. Ekstrapolasi atau intrapolasi dengan cara menarik garis mendatar dari sumbu tegak pada suatu harga keausan sampai memotong garis tersebut dengan menarik garis turun sampai memotong sumbu waktu yang merupakan umur pahat yang dicari untuk suatu harga kecepatan potong tertentu. Persamaan fungsi lineir yang berlaku adalah :

$$\text{Log } V + \text{Log } T = \text{Log } C_T \dots\dots\dots(2.39)$$

Dapat diperkirakan dengan analisa garis regresi dengan metode kuadrat terkecil hal yang terbaik untuk menentukan eksponen n dan konstanta C_T . Analisa pendekatan secara secara grafik dapat pula ditempuh dengan cara pengamatan pada skala dobel logaritma seperti ditunjukkan pada gambar 2. 6 berikut ini.



Gambar 2.10 Grafik Penentuan Eksponen n dan m dan Konstanta

$$VT^n = C_T \dots \dots \dots (2.40)$$

$$\text{Log } V = \text{Log } C_T - n \text{Log } T \dots \dots \dots (2.41)$$

T ditentukan secara ekstrapolasi dan n merupakan kemiringan garis regresi yaitu:

$$n = \tan Q \dots \dots \dots (2.42)$$

$$n = Y/K \dots \dots \dots (2.43)$$