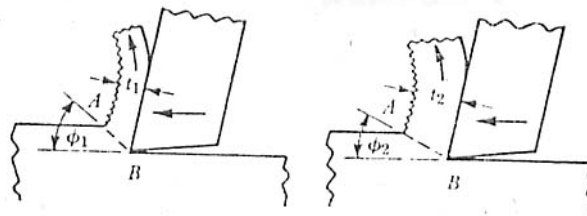


BAB III

MEMOTONG LOGAM

Mengerti tentang prinsip pemotongan dengan baik akan membantu dalam proses produksi yang ekonomis. Prinsip pemotongan banyak digunakan pada pembubutan, penyerutan, pengetaman, pemfris-an ataupun pengeboran. Komponen-komponen dibuat dengan membuang sebagian logam dalam bentuk serpihan kecil.

Perkakas Pemotong Logam



Gambar 2. Skematis dari pembentukan serpihan menggunakan model pahat mata tunggal orthogonal.

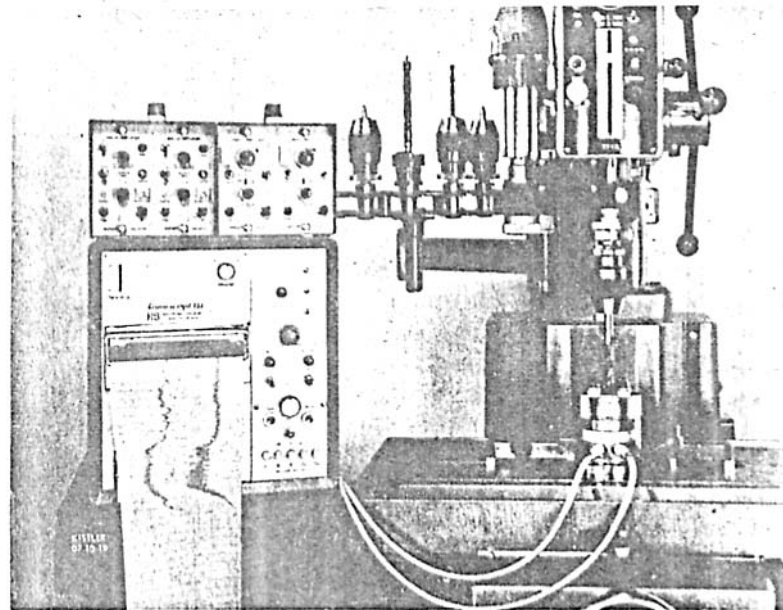
Untuk menerangkan metode pemotongan dijelaskan dengan model mata pahat ortogonal seperti terlihat pada gambar diatas.

Dalam menganalisa proses pemotongan, dianggap bahwa serpihan disobek dari benda kerja dengan gerakan menggeser melintasi bidang AB. Serpihan akan mengalami gaya gesek yang tinggi dengan permukaan pahat. Oleh sebab itu kerja untuk membuat serpihan harus bisa mengatasi gaya geser dan gaya gesek yang timbul.

Untuk mengukur gaya gaya yang bekerja pada perkakas digunakan alat yang disebut *dynamometer*. Jenis dynamometer yang sering digunakan adalah jenis dynamometer elektronik.

Transduser dan sebuah *platform* dikombinasikan untuk mengukur satu, dua atau tiga gaya atau torsi. Perkakas dan benda kerja di

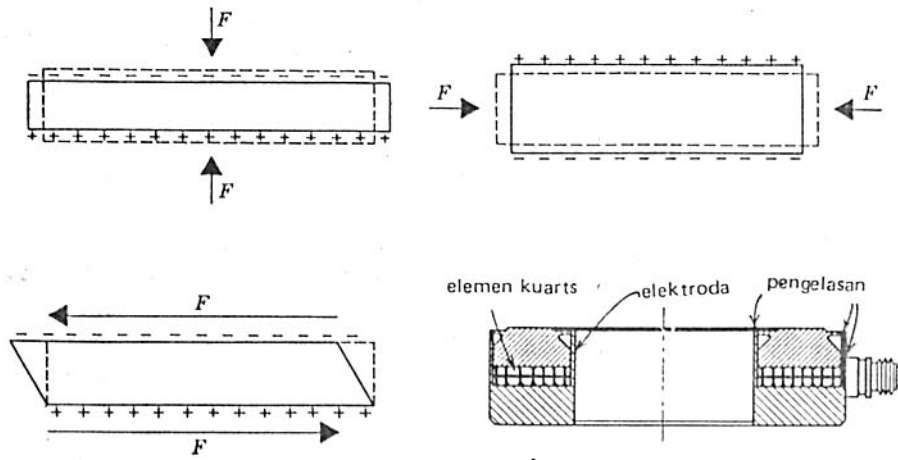
letakkan pada platform. Pada gambar 3 diperlihatkan sebuah benda kerja dipasang pada platform dan transduser mengukur kecepatan, gaya dan torsi pengeboran.



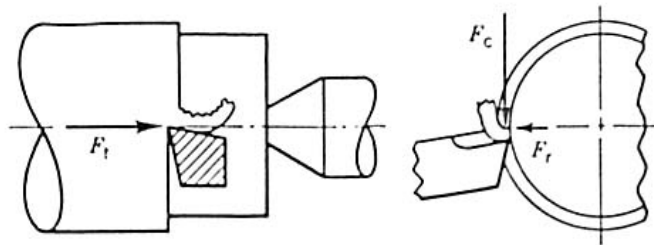
Gambar 3. Dinamometer dua saluran yang mengukur dorongan dan momen gudi. Transduser dinamometer dipasang pada platform.

Transduser mengukur perubahan bentuk dengan melihat perubahan induktansi, kapasitansi atau resistansi. Pada gambar 4. diperlihatkan transduser jenis *piezoelectric* yang digunakan pada sel beban. Prinsip pengukuran gaya pada sebuah bahan piezo elektrik adalah apabila gaya bekerja pada kwarsa (bahan piezoelektrik), timbul muatan listrik yang proporsional pada permukaannya (lihat gambar 4.). Kwarsa akan sensitif terhadap tekanan dan geseran yang bekerja pada aksisnya, sehingga gaya potong dan torsi bisa masing-masing diukur.

Gaya-gaya yang biasa bekerja pada perkakas potong yang bisa diukur oleh dinamometer diperlihatkan pada gambar 18.7. yaitu gaya potong, tangensial dan radial.

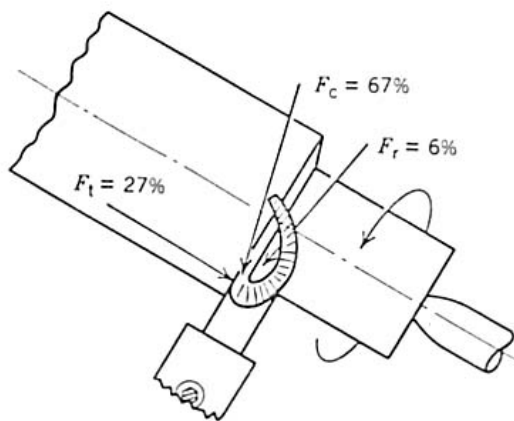


Gambar 4. Diagram yang menunjukkan pengaruh memanjang, melintang dan menggeser pada elemen kuarts dan konstruksi transduser pembebanan dinamik.



Gambar 18.7. Gaya-gaya yang bekerja pada ujung pahat bubut: gaya longitudinal, F_t , Gaya potong, F_c dan gaya radial, F_r .

Gambar 18.8. memperlihatkan perkiraan distribusi gaya-gaya. Pada banyak perkakas potong, gaya potong adalah yang paling berpengaruh.



Gambar 18.8. Distribusi gaya-gaya pada perkakas potong mata tunggal.

Daya yang diperlukan pada proses pemesinan secara praktis bisa dicari dengan alat *wattmeter* atau *ammeter*.

Daya kuda juga bisa dihitung dari pengukuran gaya-gaya oleh dinamometer dan F_c . Daya kuda yang didapat adalah daya pada spindel.

$$HP_s = \frac{F_c \times V_c}{33.000}$$

dimana : F_c = Gaya potong, lb (N)

V_c = Kecepatan potong, ft/min (m/s)

Daya pada motor, HP_m :

$$HP_m = HP_s / E$$

dimana : E = Efisiensi penggerak spindel, %

Laju pelepasan logam bisa dicari dengan rumus :

$$Q = 12 \times t \times f_t \times V_c$$

dimana : Q = laju pelepasan logam, in³/min (mm³/min)

t = kedalaman potong, in. (mm)

f_t = hantaran, in. per putaran (mm/rev.)

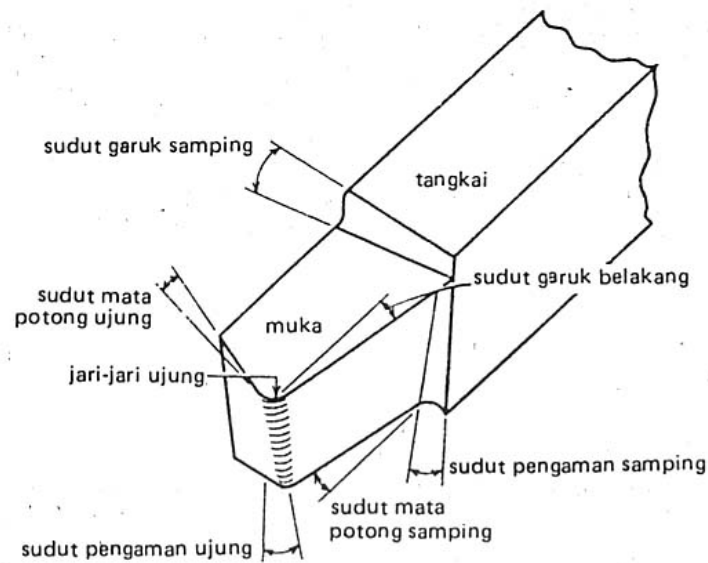
V_c = kecepatan potong, ft/min (m/s)

Kadang-kadang digunakan daya satuan yang persamaannya adalah :

$$P = \frac{HP_s}{Q}$$

dimana : P = daya satuan , hp/in.³/min (W/mm³/s)

Bentuk dan Sudut Pahat



Gambar 7. Nomenklatur untuk pahat pemotong sisi kanan.

Pada gambar 7. diatas terlihat pahat mata tunggal yang dipakai pada mesin bubut dimana pahatnya berbentuk baji, dan sudut yang tercakup disebut sudut potong. *Sudut pengaman samping* antara sisi perkakas dengan benda kerja adalah untuk mencegah penggesekan perkakas. Sudutnya kecil sekitar 6 sampai 8 derajat untuk bahan pada umumnya. *Sudut garuk sisi* bervariasi dengan sudut potong, sedangkan sudut potong tergantung bahan yang dimesin. Sudut-sudut pada gambar 7. adalah pahat pemotong yang dipasang horisontal dan tegak lurus terhadap benda kerja. Sudut efektifnya dapat diubah dengan penyetelan pada pemegang pahat tanpa mengubah sudut dasar pahat.

Bahan yang lunak memungkinkan digunakan sudut potong kecil yaitu sekitar 22 derajat untuk perkakas kayu. Logam yang lunak dan ulet, misalnya tembaga dan aluminium, memerlukan sudut lebih besar yang berkisar 47 derajat, sedangkan bahan yang rapuh memerlukan sudut yang lebih besar lagi.

Tabel 1. adalah mengenai harga yang dianjurkan untuk pahat baja pemotong, kecepatan tinggi.

Tabel 1. Sudut pahat dan kecepatan memotong untuk pahat baja kecepatan tinggi.

Bahan	Sudut pengaman samping, derajat	Sudut garuk samping, derajat	Sudut garuk belakang, derajat	Sudut ruang bebas ujung, derajat	kecepatan memotong, m/min
Baja lunak 1020	12	14	16	8	30
Baja karbon menengah 1035	10	14	16	8	20
Baja karbon menengah 1090	10	12	8	8	15
Stok ulir, 1112	12	22	16	8	45
Besi cor	10	12	5	8	15
Aluminium	12	15	35	8	140
Kuningan	10	0	0	8	75
Logam monel	15	14	8	12	35
Plastik	12	0	0	8	35
Fiber	15	0	0	12	25

Bahan Pahat

Bahan yang banyak digunakan didalam perkakas pemotong adalah sbb:

a. Baja Karbon Tinggi.

Digunakan selama beberapa tahun terutama sebelum dikembangkannya baja pahat kecepatan tinggi. Kandungan karbon berkisar 0,80 sampai 1,20% dan baja ini mempunyai kemampuan baik untuk dikeraskan. Pada kekerasan maksimum maka baja agak rapuh dan kalau dikehendaki sedikit keuletan, maka harus dikorbankan kekerasannya. Baja ini akan kehilangan kekerasannya pada suhu 300 °C, maka tidak sesuai untuk pekerjaan kecepatan tinggi dan tugas berat.

b. Baja Kecepatan Tinggi

Baja ini mengandung unsur paduan yang tinggi sehingga mempunyai kemampuan dikeraskan sangat baik dan tetap mempertahankan tepi pemotongan yang baik sampai suhu sekitar 650 °C. Kemampuan sebuah pahat untuk mencegah pelunakan

pada suhu tinggi dikenal sebagai *kekerasan merah*. Baja pahat pertama yang mempertahankan tepi pemotongan sampai hampir kekerasan merah dikembangkan oleh Fred W. Taylor dan M. White pada tahun 1900. Caranya adalah dengan menambahkan Wolfram 18% dan Chrom 5,5% kepada baja sebagai unsur pemadu utamanya. Unsur pemadu lainnya untuk baja ini adalah vanadium, molibden dan kobalt.

Beberapa jenis baja kecepatan tinggi al.:

1. *Baja kecepatan tinggi 18-4-1*. Baja ini mengandung wolfram 18%, chrom 4% dan vanadium 1%.
2. *Baja kecepatan tinggi Molibden*. Baja molibden seperti 6-6-4-2 mengandung wolfram 6%, molibden 6%, khrom 4% dan vanadium 2%, mempunyai ketahanan dan kemampuan memotong sangat baik.
3. *Baja kecepatan sangat tinggi*. Baja ini mengandung kobalt yang ditambahkan dengan kadar 2 sampai 15%. Unsur kobalt akan meningkatkan efisiensi pemotongan pada suhu tinggi. Bahan ini biasanya mahal sehingga hanya digunakan untuk operasi pemotongan berat yang beroperasi pada tekanan dan suhu tinggi.

c. Paduan Cor Bukan Besi

Sejumlah bahan paduan bukan besi yang mengandung unsur paduan utama seperti kobalt, chrom dan tungsten dengan sedikit unsur pembentuk karbida (1 sampai 2%) seperti tantalum, molibden atau boron adalah bahan yang sangat baik digunakan sebagai baha perkakas potong. Paduan ini dibentuk dengan cor dan mempunyai kekerasan merah yang tinggi yaitu sampai suhu 925 °C. Terhadap baja kecepatan tinggi maka bahan ini dapat dipakai dengan kecepatan dua kali lebih besar. Namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas. Perkisaran

elemen paduan adalah wolfram 12 sampai 15%, kobalt 40 sampai 50% dan chrom 15 sampai 35%.

d. Karbida

Perkakas karbida yang hanya mengandung wolfram karbida dan kobalt (94% wolfram karbida dan 6% kobalt) adalah cocok untuk memesis besi cor dan semua bahan lain kecuali baja. Untuk memesis bahan baja ditambahkan titanium dan tantalum karbida.

Kekerasan merah bahan karbida mengungguli bahan lain karena dapat mempertahankan tepi potong pada suhu diatas 1200 °C. Selain itu merupakan bahan yang paling keras dan mempunyai kekuatan kompresi yang sangat tinggi. namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas.

e. Intan

Intan digunakan sebagai pahat mata tunggal dan digunakan untuk pemotongan ringan dan kecepatan tinggi, harus didukung dengan kaku karena intan mempunyai kekerasan dan kerapuhan yang tinggi. Perkakas ini digunakan untuk bahan keras yang sulit dipotong dengan bahan perkakas yang lain atau untuk pemotongan ringan dengan kecepatan tinggi pada bahan yang lebih lunak yang ketelitian dan penyelesaian permukaannya dipentingkan.

f. Keramik

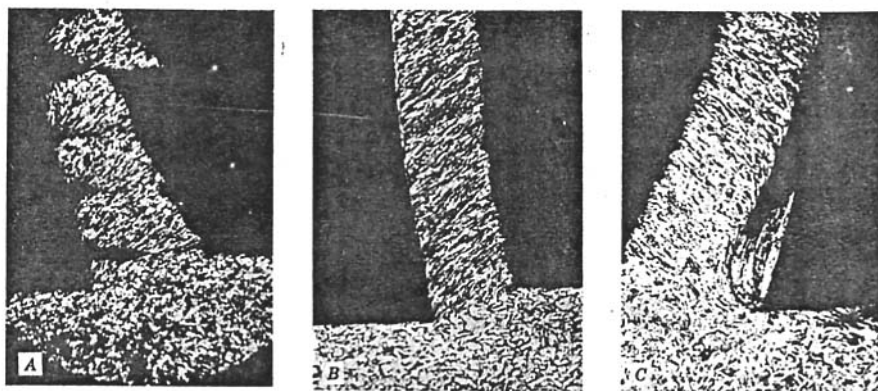
Serbuk aluminium oksida (salah satu bahan keramik) dengan beberapa bahan tambahan dibuat sebagai sisipan pahat pemotong. Sisipan ini diapitkan kepada pemegang pahat atau diikatkan padanya dengan epoxy resin. Bahan ini mempunyai kekuatan kompresi yang tinggi tetapi agak rapuh. Titik pelunakan keramik pada umumnya adalah diatas 1100 °C. Keramik mempunyai konduktivitas panas yang rendah sehingga memungkinkan pahat beroperasi pada kecepatan potong tinggi dan mengambil pemotongan yang dalam.

Bentuk Serpihan dan Penimbunannya

Serpihan pahat digolongkan ke dalam tiga jenis seperti gambar 9. Jenis I, serpihan tidak kontinyu atau terputus-putus, menunjukkan suatu kondisi yaitu logam didepan pahat diretakkan menjadi potongan-potongan agak kecil. Serpihan jenis ini didapatkan dalam memesis bahan rapuh seperti besi cor dan perunggu. Serpihan tidak kontinyu bisa juga didapatkan pada bahan ulet kalau koefisien geseknya tinggi.

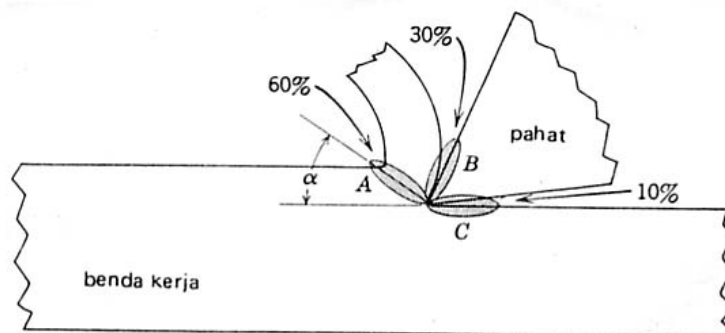
Jenis II adalah jenis kontinyu dan adalah jenis ideal dari serpihan. Dalam hal ini logam diubah bentuknya secara kontinyu dan meluncur dipermukaan pahat tanpa retak. Serpihan jenis ini timbul pada kecepatan potongan tinggi dan agak sering kalau pemotongannya dilakukan dengan pahat karbida.

Jenis III adalah ciri serpihan yang dimesin dari bahan ulet yang mempunyai angka gesekan tinggi. Pada saat dimulai pemotongan, beberapa bahan tertegak didepan tepi pemotongan. Beberapa bagian benda kerja ada kalanya menempel pada perkakas. Pada saat proses pemotongan berlangsung, serpihan mengalir diatas tepi ini dan naik di sepanjang permukaan pahat. Secara periodik tempelan benda kerja pada perkakas lepas dan ikut bersama serpihan atau menempel pada benda yang dibubut. Karena peristiwa ini kehalusan permukaannya tidak sebaik tipe serpihan jenis II.



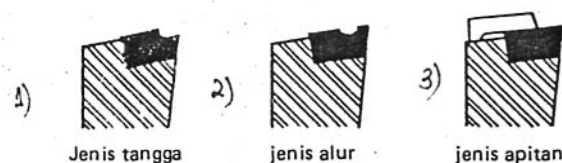
Gambar 9. Jenis serpihan dasar. A. Tidak kontinyu, B. Kontinyu, C. Kontinyu dengan tepi yang terbangun.

Dari penelitian didapatkan bahwa 97% dari kerja yang diberikan pada pemotongan diubah dalam bentuk panas. Gambar 11. menunjukkan tiga daerah pembangkitan panas. Variabel yang paling berpengaruh terhadap pembangkitan panas adalah kecepatan pemotongan.



Gambar 11. Perkiraan sumber panas dalam tiga daerah, A. Bidang geser, B. Bidang gesek, C. Bidang permukaan.

Dalam membubut kecepatan tinggi pada proses produksi, pengendalian dan pembuangan serpihan menjadi penting untuk melindungi operator maupun pahat. Serpihan yang panjang dan keriting akan membelit di sekeliling benda kerja dan pahat. Tepi tajamnya serta kekuatan tariknya yang tinggi menyebabkan pengeluaran dari daerah kerja menjadi sulit dan berbahaya terutama ketika mesin beroperasi. Pematah serpihan akan mengerutkan dan meninggikan tegangan serpihan sehingga serpihan akan terpotong-potong pendek untuk mempermudah pengeluarannya. Gambar 12. memperlihatkan jenis-jenis pematah serpihan.



Gambar 12. Pematah serpihan yang digunakan pada perkakas mata tunggal.

Media Pendingin (Coolant)

Gambar 11. menunjukkan sumber utama dari panas yang akan bisa mengakibatkan permukaan logam cenderung untuk melekat satu sama lain jika panasnya berlebihan.

Media pendingin mempunyai fungsi al.:

1. Mengurangi gesekan antara serpihan, pahat dan benda kerja.
2. Mengurangi suhu padat dan benda kerja.
3. Mencuci serpihan
4. memperbaiki penyelesaian permukaan.
5. Menaikkan umur pahat.
6. Menurunkan daya yang diperlukan.
7. Mengurangi kemungkinan korosi pada benda kerja dan mesin.
8. Membantu mencegah menempelnya serpihan kepala pahat.

Media pendingin harus mempunyai syarat : tidak ada penolakan dari operator, tidak merusakkan mesin dan stabil. Disamping itu juga harus memiliki perpindahan panas yang baik, tidak menguap, tidak berbuih, memberikan pelumasan dan mempunyai suhu nyala yang tinggi.

Umunya pendingin berbentuk cair, karena dapat diarahkan pada pahat dan mudah disirkulasi.

Media pendingin kimia banyak digunakan yang antara lain :

1. Amina dan nitrit untuk mencegah karat.
2. Nitrat untuk menstabilkan nitrit.
3. Fosfat dan borat untuk melunakkan air.
4. Bahan sabun dan pembasah untuk pelumasan dan mengurangi tegangan permukaan.
5. Gabungan dari fosfor, chlorin dan belerang untuk pelumasan
6. Chlorin untuk pelumasan.
7. Glikol sebagai bahan pengaduk dan pembasah.
8. Germisida untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri.

Pengenaan media pendingin adalah antara pahat dengan benda kerja, atau kalau memungkinkan antara serpihan dengan pahat.

Berdasarkan jenis bahan, media pendingin yang digunakan antara lain :

1. **Besi Cor.** digunakan media pendingin udara tekan, minyak cair atau dikerjakan kering.

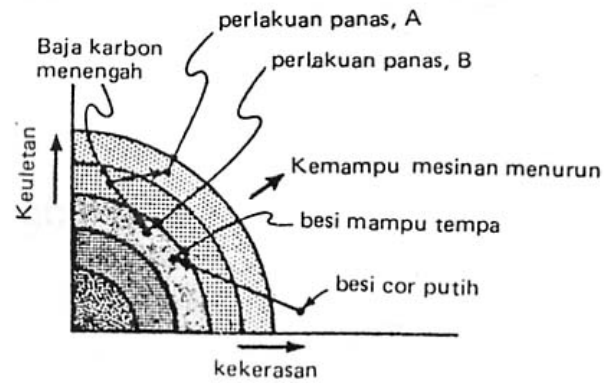
2. **Aluminium.** digunakan pelumas kerosin, minyak cair atau air soda.
3. **Besi mampu tempa.** Digunakan minyak larut air atau dikerjakan kering.
4. **Kuningan.** Dikerjakan kering, minyak parafin atau campuran minyak lemak binatang.
5. **Baja.** minyak larut air, minyak tersulfurisasi atau minyak mineral.
6. **Besi tempa.** minyak lemak binatang atau minyak larut air.

Kemampu Mesinan dan Penyelesaian Permukaan

Kemampu mesin atau kemudahan suatu bahan untuk dipotong sangat dipengaruhi oleh jenis dan bentuk pahat yang digunakan. Baja karbon mempunyai kemampu mesin yang lebih baik daripada baja paduan yang kekerasan dan kandungan karbonnya sama. Penambahan timbal kepada baja menambah kemampu mesin meskipun bajanya menjadi mahal. Penggunaan beberapa perseratus dari tellurium 1% kepada baja akan meningkatkan kemampu mesin dan kecepatan potong sekitar 3,5 kali tetapi harga elemennya menjadi sama dengan kalau terbuat dari emas. Penambahan fosfor atau belerang secukupnya akan meningkatkan kemampu mesin, fosfor menyebabkan serpihan menjadi rapuh sehingga menghilangkan serpihan yang panjang dan sulit dibentuk.

Dua faktor yang paling mempengaruhi kemampu mesin dari logam adalah keuletan dan kekerasan. Makin keras logam maka penetrasi oleh pahat akan sulit dan kemampu mesin menurun. Bahan yang ulet tidak memungkinkan pembentukan serpihan yang terputus-putus, maka keuletan yang rendah adalah modal untuk kemampu mesin yang baik.

Gambar 13. memperlihatkan penggambaran kurva yang memperlihatkan pengaruh kedua karakteristik ini. Besi cor putih kekerasannya tinggi dan kurang ulet. Kalau dimampu tempakan, akan jauh lebih ulet tetapi kekerasannya menurun.



Gambar 13. Pengaruh relatif dari keuletan dan kekerasan terhadap kemampumesinan.

Kemampu mesin yang baik bukan berarti penyelesaian permukaan yang baik, tetapi lebih ditujukan pada keekonomisan yang dihubungkan kepada pelepasan logam.

Faktor yang memperbaiki penyelesaian permukaan adalah pemotongan ringan, hantaran sedikit, kecepatan potong tinggi, fluida pemotong, pahat ujung bulat dan kenaikan sudut penggarukan pada pahat yang dibuat dengan baik.

Umur Pahat

Dalam proses produksi umur pahat menjadi penting karena kalau terlalu sering ganti pahat maka akan banyak membuang waktu produksi. *Umur pahat* adalah ukuran lamanya suatu pahat dapat memotong dengan memuaskan. Keausan pada pahat bisa terjadi pada dua tempat seperti yang diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Kedudukan keausan pada pahat mata tunggal.

Keausan pertama terjadi pada sisi pahat. Pada keausan yang lain terjadi muka pahat dalam bentuk kawah kecil. Umur pahat akan berkurang dengan naiknya kecepatan memotong maka umur pahat digambarkan sebagai umur pahat dalam menit terhadap kecepatan

memotong dalam meter tiap menit, atau dalam sentimeter kubik dari logam yang terkelupas. Fred W. Taylor merumuskan :

$$VT^n = C$$

dengan : V = kecepatan memotong, m/min

T = umur pahat, menit

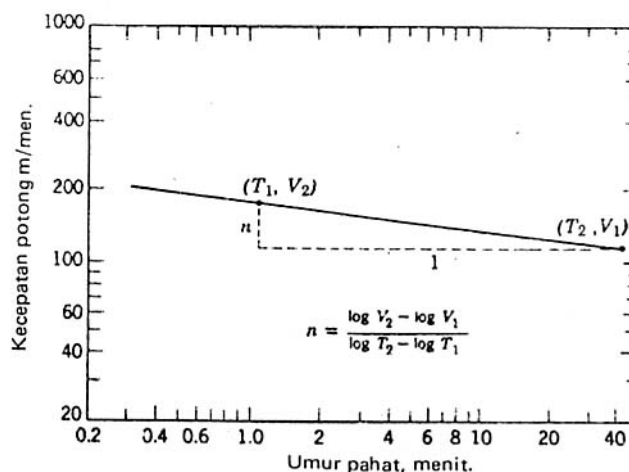
n = eksponen tergantung pada kondisi pemotongan

C = konstan = kecepatan memotong untuk suatu umur pahat satu menit.

Perkiraan nilai pendekatan untuk harga n :

Jenis pahat pemotong	n
Baja kecepatan tinggi	0,08 - 0,12
Karbida	0,13-- 0,25
Keramik	0,40 - 0,55

Gambar 15. memperlihatkan hubungan kecepatan potong terhadap umur pahat untuk baja kecepatan tinggi.



Gambar 15. Pengaruh kecepatan potong pada umur pahat untuk pahat baja kecepatan tinggi.

Kerusakan pahat bisa terjadi oleh hal-hal berikut :

1. Penngerindaan yang tidak tepat atas sudut pahat.
2. Kehilangan kekerasan pahat. Disebabkan oleh pemanasan yang berlebihan.

3. Pematahan atau penyerpihan tepi pahat. Disebabkan karena pengambilan pemotongan terlalu berat atau karena sudut potong terlalu kecil.
4. Aus alamiah dan pengamplasan.
5. Pahat retak karena beban berat.

Kecepatan Potong Dan Hantaran

Kecepatan potong dirumuskan :

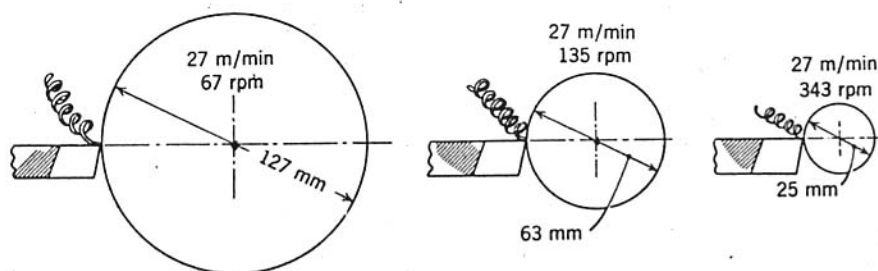
$$CS = \pi DN/1000$$

dengan : CS = kecepatan potong, m/min

D = diameter, mm

N = kecepatan putar, rpm

Pada gambar 16. terlihat bagaimana hubungan antara rpm dengan kecepatan potong.



Gambar 16. Hubungan dari put/men terhadap kecepatan permukaan menggunakan $CS=\pi DN$.

Hantaran (feed) menunjukkan kecepatan dari pahat pemotong atau roda gerinda maju sepanjang atau kedalam permukaan benda kerja. Untuk mesin yang benda kerjanya berputar, hantaran dinyatakan dalam milimeter per putaran. Untuk mesin yang pahat atau benda kerjanya bergerak bolak balik hantaran dinyatakan dalam milimeter per langkah, sedangkan untuk benda kerja stasioner dan perkakas berputar, hantaran dinyatakan dalam milimeter per putaran perkakas.

Tabel 3. memperlihatkan kecepatan potong untuk berbagai bahan.

Bahan	Baja kecepatan tinggi		Karbida	
	Halus ^a	Kasar ^b	halus ^a	kasar ^a
Baja pemotong bebas, 1112, 1315	75-110	25-45	185-230	110-140
Baja karbon, 1010,1025	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja menengah, 1030, 1050	60-85	20-40	140-185	75-110
Baja nikel, 2330	60-85	20-35	130-170	70-100
Chrom nikel, 3120, 5140	45-60	15-25	100-130	55-80
Besi cor kelabu lunak	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90
Plastik	90-150	30-60	120-200	45-75

a = kedalaman pemotongan 0,38 - 2,39 mm. Hantaran 0,13 - 0,38 mm/put

b = kedalaman pemotongan 4,75 - 9,53 mm. Hantaran 0,75 - 1,27 mm/put.