

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Rieldho (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh pemakaian minyak kelapa sawit sebagai pendingin dengan variasi kecepatan pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut. Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan *bio cutting fluid* menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah daripada tanpa *cutting fluid*. Misal pada putaran 500rpm kekasaran permukaan yang dimiliki oleh *bio cutting fluid* adalah $1,32 \mu\text{m}$ sedangkan tanpa *cutting fluid* menghasilkan $1,56 \mu\text{m}$.

Latief (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *feed rate*, geometri pahat, dan *cutting fluid* terhadap *surface roughness* alumunium 6061 pada proses turning. Didapatkan hasil kekasaran permukaan terendah adalah pada pembubutan dengan *feed rate* $0,045 \text{ mm/min}$, sudut potong utama 63° dan menggunakan *Shell Dromus B* sebesar $0,867 \mu\text{m}$. Dan nilai kekasaran permukaan tertinggi yaitu pada proses bubut dengan *feed rate* $0,112 \text{ mm/min}$, sudut potong utama 93° dan dengan menggunakan *neat cutting oil* sebesar $1,470 \mu\text{m}$.

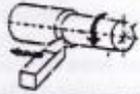
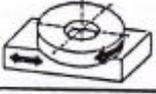
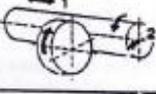
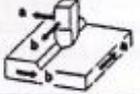
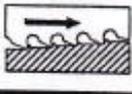
2.2. Proses Permesinan

Proses pemesinan adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengurangi material logam sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan. Proses permesinan merupakan salah satu proses yang sering digunakan pada bidang industri. Terutama pada bidang pembentukan dan pengerjaan alat-alat atau bagian mesin. Bahan dasar komponen mesin berupa logam dibentuk dahulu dengan proses permesinan. Biasanya dibuat sehingga berbentuk silinder atau rata. Proses permesinan pada dasarnya merupakan proses pengurangan material yang tidak sesuai dari suatu benda kerja.

Umumnya jenis proses permesinan dikelompokkan berdasarkan jenis kombinasi yang dari gerak relatif pahat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Gerak potong (Cutting Movement)
2. Gerak makan (Feeding Movement)

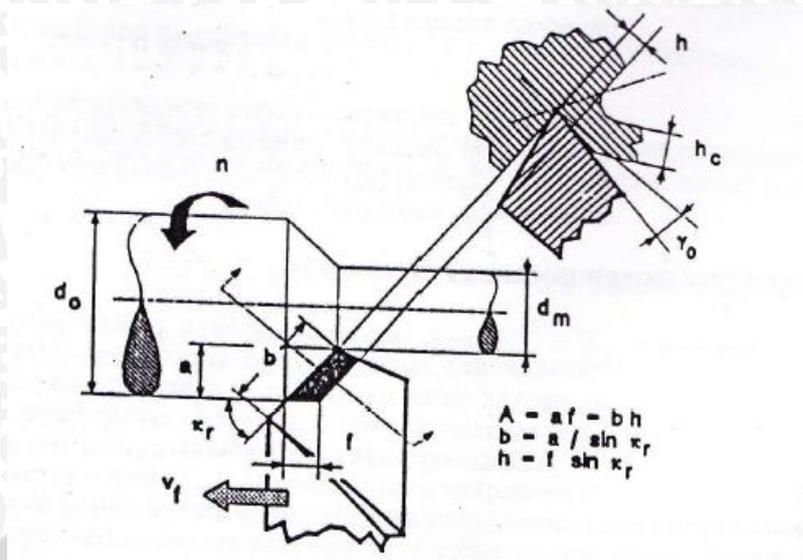
Maka proses permesinan dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam proses antara lain proses membubut, proses menggurdi dan mengebor, proses mengefrais, proses menggergaji, proses meluas lubang, proses menggerinda, proses mengetam/menyekrap. Seperti yang dijelaskan pada gambar 2.1.

Jenis proses		Gerak potong	Gerak makan
Bubut		benda kerja m/min	pahat mm/min
Gurdi		pahat m/min	pahat mm/min
Freis		pahat m/min	benda kerja mm/min
Gerinda rata		pahat m/s	benda kerja
Gerinda silindrik		pahat m/s	benda kerja 1&2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)		a benda kerja b pahat m/min	a pahat b benda kerja m/min
Parut dan Gergaji		pahat m/min	

Gambar 2.1 Klasifikasi Proses Pemesinan
Sumber: Rochim (1985)

2.3. Proses Bubut

Proses bubut merupakan salah satu macam dari proses permesinan. pada proses permesinan dengan bubut yaitu dengan kombinasi dua gerakan antara lain gerakan berputar benda kerja yang diapit spindle dan gerakan lurus pemakanan yang dilakukan mata pahat. Sehingga dapat mengurangi diameter benda kerja sesuai dengan yang diinginkan. Dimana gerakan berputar spindle dan arah gerak pemakanan pahat dapat diatur dengan batas keteentuan yang berlaku.



Gambar 2.2 Proses bubut
Sumber: Rochim (1985)

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang ditentukan antara lain :

- Benda kerja : d_m = diameter akhir benda kerja(mm)
 d_o = diameter awal benda kerja(mm)
 l_t = panjang proses permesinan (mm)
- Pahat : γ_o = sudut geram ($^{\circ}$)
 k_r = sudut potong utama ($^{\circ}$)
- Mesin bubut : a = kedalaman potong (mm)
 $a = (d_o - d_m)/2$ (mm)
 f = gerak makan (mm/rev)
 n = putaran poros utama (rpm)

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

- Kecepatan potong (*cutting speed*) (m/min)

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2-1)$$

Dengan :

V_c = kecepatan potong (m/min)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran *spindle*/ benda kerja (put/min)

- Kecepatan makan (*feeding speed*) (mm/min)

$$V_f = f \cdot n \quad (2-2)$$

Dengan :

V_f = kecepatan makan (mm/min)

f = gerak makan (mm/put)

n = putaran *spindle*/ benda kerja (put/min)

- Waktu pemotongan (*cutting time*) (min)

$$t_c = l_t / v_f \quad (2-3)$$

Dengan :

t_c = Waktu pemotongan (min)

l_t = panjang permesinan (mm)

v_f = Kecepatan makan (mm/min)

- Kecepatan penghasil geram (*material removing rate*) (mm³/min)

$$Z = f \cdot a \cdot v_f \quad (2-4)$$

Dengan :

Z = Kecepatan penghasil geram (mm³/min)

f = gerak makan (mm/put)

a = kedalaman potong (mm)

v_f = Kecepatan makan (mm/min)

Untuk harga a (kedalaman pemotongan) dan f (gerak makan) yang tetap maka sudut potong utama (Kr) yang menentukan besarnya dari lebar pemotongan (b) dan tebal geram (h).

$$b = a / \sin kr \quad (2-5)$$

$$h = f \sin kr \quad (2-6)$$

Keterangan : b : Lebar pemotongan (mm)

h : Tebal Geram (mm)

kr : Sudut Potong Utama, ($^\circ$)

2.4. Gaya pemotongan

Merchant mengemukakan analisis pembentukana geram pada teori model pemotongan sistem tegak (*orthogonal system*). Sistem pemotongan tegak yaitu penyederhanaan dari sistem pemotongan miring (*oblique system*) dengan

menguraikan gaya menjadi komponennya pada suatu bidang. Beberapa asumsi yang digunakan dalam analisis model tersebut adalah (Rochim : 1985)

- Mata potong pahat sangat tajam sehingga tidak menggosok atau menggaruk benda kerja
- Deformasi terjadi hanya dalam dua dimensi
- Distribusi tegangan yang merata pada bidang geser dan
- Gaya aksi dan reaksi pahat terhadap bidang geram adalah sama besar dan segaris(tidak menimbulkan momen kopel)

Karena sistem gaya dipandang hanya pada satu bidang (bukan ruang) maka gaya total dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus. Tergantung pada cara penguraian dalam hal ini dapat dikemukakan tiga cara yaitu Gaya dibagi menjadi 3 macam dapat dilihat pada gambar 2.3, yaitu:

1. Gaya yang ditinjau dari proses deformasi material.

- F_s = gaya geser yang mengakibatkan material terdeformasi pada bidang geser sehingga melampaui batas elastiknya.
- F_{sn} = gaya normal yang menyebabkan pahat tetap menempel di bidang geser pada benda kerja.

2. Gaya yang dapat diketahui arah dan besarnya.

- F_v = gaya potong, searah dengan kecepatan potong. Gaya potong ini dapat dihitung dengan rumus empirik yaitu :

$$F_v = K_s \cdot a \cdot f \quad (2-7)$$

Dimana nilai K_s dapat dihitung dengan rumus :

$$K_s : K_{s1.1} \cdot f^2 \cdot C_k \cdot C_\gamma \cdot C_{VB} \cdot C_v \quad (2-8)$$

Keterangan :

F_v : Gaya Potong (N/mm²)

a : Kedalaman Pemotongan (mm)

K_s : Gaya Potong Spesifik (N/mm²)

$K_{s1.1}$: Gaya Potong Spesifik Refrensi (N/mm²)

f : Feed rate (mm/rev)

C_k : Faktor Koreksi Terhadap Sudut potong utama

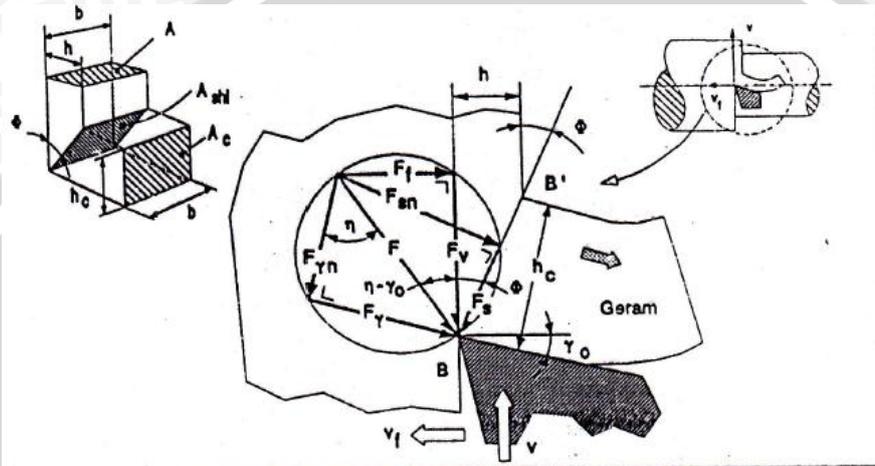
C_γ : Faktor Koreksi Terhadap Pengaruh Sudut Geram

C_{VB} : Faktor Koreksi Terhadap Pengaruh keausan

C_v : Faktor Koreksi Terhadap Kecepatan potong

- F_f = gaya makan, searah dengan kecepatan makan.
3. Gaya yang bereaksi pada bidang geram.
- F_γ = gaya gesek pada bidang geram.
 - $F_{\gamma n}$ = gaya normal pada bidang geram.

Karena berasal dari satu gaya yang sama, maka ketiga gaya tersebut dapat dilukiskan pada suatu lingkaran dengan gaya total (F) sebagai diameternya, lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lingkaran Merchant
Sumber: Rochim (1985)

Lingkaran gaya tersebut digambarkan pada ujung pahat. Gambar diatas merupakan sistem gaya pada pemotongan orthogonal yang menggunakan pahat dengan sudut $Kr = 90^\circ$ dan sudut $s = 0^\circ$. Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong F_v akan membesar. Daerah muka potong akan mengalami tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan mengalami tegangan geser yang terbesar dan dengan banyaknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut (bidang geser) akan melampaui batas (yield) sehingga terjadi deformasi plastik yang menyebabkan terbentuknya geram. Bila hal ini terjadi maka gaya potong telah mencapai harga maksimum (tidak mungkin naik lagi). Berdasarkan analisis geometrik dari lingkaran gaya didapatkan rumus dasar gaya potong (F_v) sebagai berikut (Rochim, 2007: 24) :

$$F_v = F \cos(\eta - \gamma_o) \text{ dan } F_s = F \cos(\phi + \eta - \gamma_o) \quad (2-9)$$

$$\text{Maka, } F_v = \frac{F_s \cos(\eta - \gamma_o)}{\cos(\phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-10)$$

Gaya geser F_s dapat digantikan dengan penampang bidang geser dan tegangan geser yang terjadi padanya yaitu,

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} \quad (2-11)$$

Dengan : τ_{shi} = Tegangan geser pada bidang geser (N/mm²)

$$A_{shi} = \text{Penampang bidang geser} \\ = A / \sin \Phi \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A = \text{Penampang geram sebelum terpotong} \\ = b \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

Dengan demikian gaya potong teoritik dapat dirumuskan sebagai berikut

$$F_v = \tau_{shi} \cdot b \cdot h \frac{\cos(\eta - \gamma_o)}{\sin \Phi \cdot \cos(\Phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-12)$$

Menurut Taufiq Rochim gaya potong tidak akan melebihi harga maksimum yang tercapai setelah bidang geser terbentuk dengan orientasi sebesar sudut geser (Φ) relatif terhadap kecepatan potong.

Maka rumus untuk mencari sudut geser (Φ) adalah :

$$\Phi = 45^\circ + \frac{\gamma_o}{2} - \frac{\eta}{2} \quad (2-13)$$

Dan besarnya sudut gesek dapat diketahui sebagai berikut :

$$\eta = 90^\circ + \gamma_o - 2\Phi \quad (2-14)$$

2.5. Sistem Pemotongan pada proses pembubutan

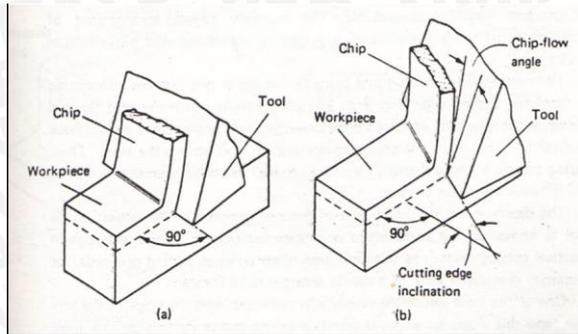
Pada proses pembubutan terdapat 2 macam jenis sistem pemotongan, yaitu :

1. Sistem pemotongan tegak (*orthogonal cutting system*)

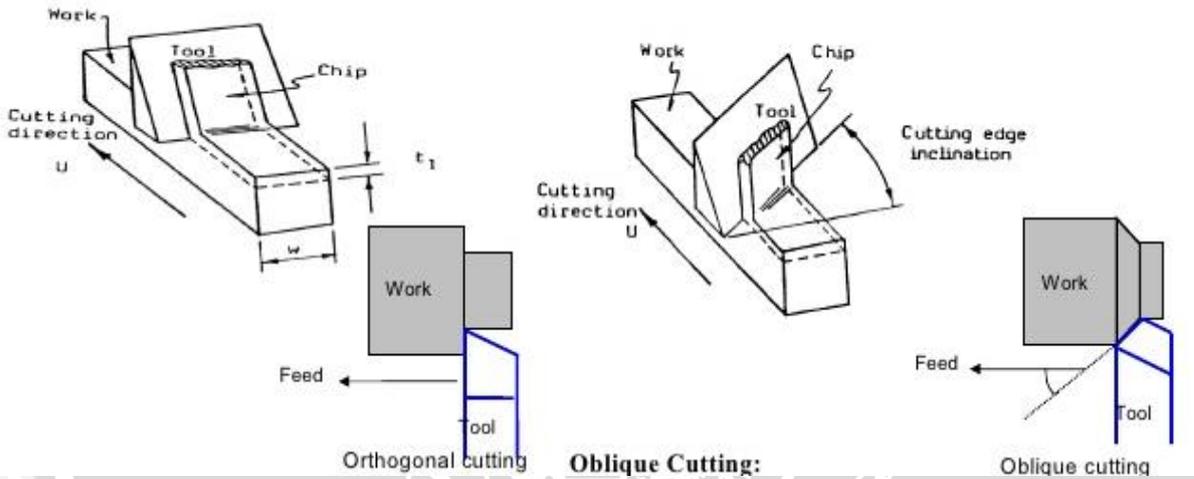
Sistem pemotongan *orthogonal* yaitu terjadi ketika mata potong pahat tegak lurus dengan arah pemakanannya, atau ketika sudut potong utama $k_r = 90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda = 0^\circ$

2. Sistem pemotongan miring (*oblique cutting system*)

Sistem pemotongan miring yaitu terjadi ketika sudut potong utama $k_r \neq 90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda \neq 0^\circ$



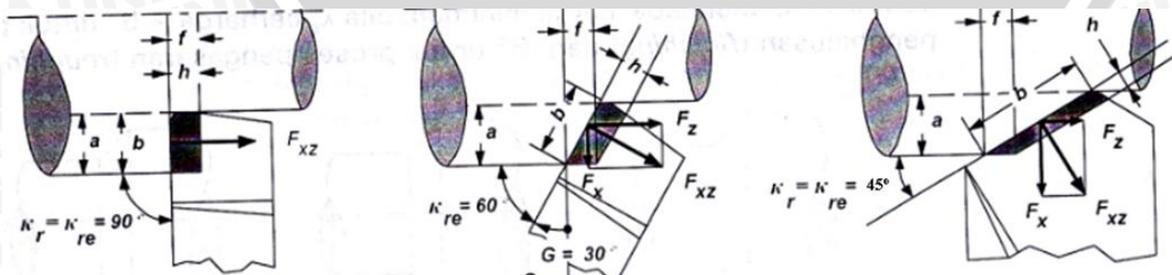
Gambar 2.4 Pemotongan ortoghonal(a) dan pemotongan miring (b)
 Sumber : Rochim (1985)



Gambar 2.5 Pemotongan ortoghonal dan pemotongan miring
 Sumber : Ghose (2005)

Sudut potong utama mempunyai peranan antara lain :

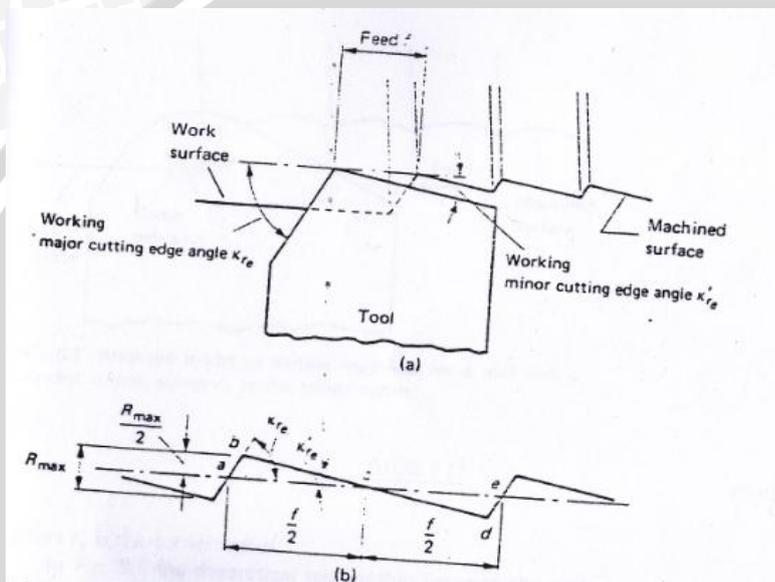
1. Menentukan Lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h).
2. Menentukan Panjang mata potong pahat yang aktif atau panjang kontak antara geram dan bidang pahat
3. Menentukan gaya radial F_x yang terjadi.



Gambar 2.6 Proses pembubutan
 Sumber: Rochim (1985)

Untuk kedalaman pemotongan a dan gerak makan f yang tetap, pemakaian sudut potong utama yang kecil akan menaikkan gaya radial F_x , terlihat pada gambar 2.6 Gaya radial yang besar akan menghasilkan lenturan yang besar ataupun getaran sehingga menurunkan ketelitian geometri produk dan hasil pemotongan terlalu kasar

Selain sudut potong utama yang mempengaruhi permukaan benda kerja yang telah terpotong juga dipengaruhi oleh sudut potong bantu k'_r . Pada prinsipnya sudut potong bantu dapat dipilih sekecil mungkin karena selain memperkuat ujung pahat, kehalusan produk dapat dipertinggi/



Gambar 2.7 Model ideal dari kekasaran permukaan untuk alat pemotong dengan sudut tajam. (a) Permukaan diproduksi. (b) Bagian melalui permukaan penyimpanan.

Sumber : Boothroyd (1985)

Dari geometri pahat didapat

$$R_a = \frac{f}{4(\cot k_r + \cot k'_r)} \quad (2-15)$$

Keterangan : K_r = Sudut potong utama

K'_r = Sudut potong bantu

f = Feed rate (mm.rev)

2.6. Geometri Pahat

Pada proses pemotongan logam bentuk geometri pahat sangat mempengaruhi hasil dari pemotongan logam tersebut. Sehingga harus memilih

bentuk geometri pahat yang sesuai agar mendapatkan hasil pemotongan logam yang diinginkan. Pada mesin perkakas ada dua macam jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal dan pahat bermata potong dua atau lebih (majemuk). Pada pahat bermata potong tunggal biasanya digunakan pada mesin bubut dan mesin skrap, sedangkan pahat bermata potong majemuk digunakan pada mesin milling. Secara sistematis pahat dibagi menjadi tiga bagian pokok, yaitu elemen pahat, bidang pahat, dan mata potong pahat.

Elemen-elemen yang terdapat di pahat bubut :

- Badan pahat: bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan pahat.
- Pemegang/gagang pahat: bagian pahat yang dipasangkan pada mesin perkakas
- Sumbu pahat : garis tengah dari pemegang
- Dasar pahat : bidang rata pada pemegang

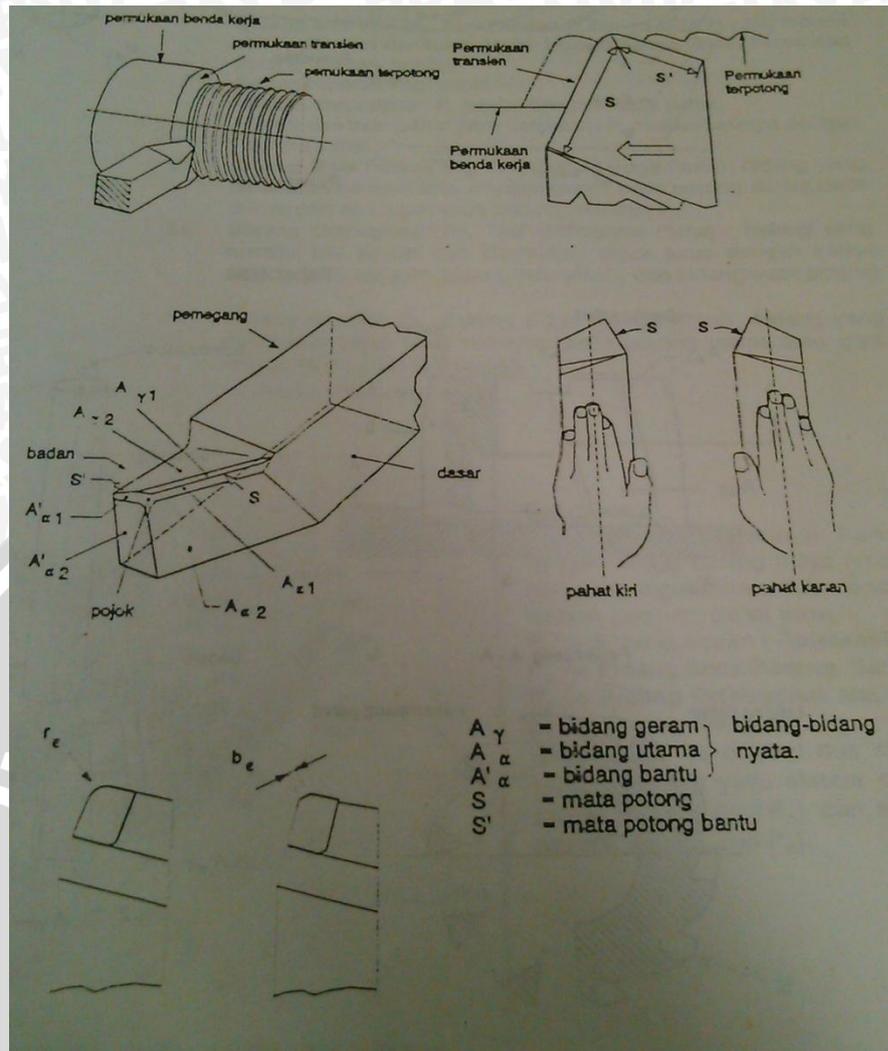
Bidang pahat adalah bagian pahat yang aktif, terdapat tiga bidang aktif dari pahat:

- Bidang geram (A_v) : bidang dimana geram mengalir
- Bidang utama/mayor (A_a) : bidang yang menghadap permukaan traslen benda kerja
- Bidang bantu/minor (A_a') : bidang yang menghadap permukaan terpotong dari benda kerja.

Mata potong pahat adalah bagian tepi pahat dari bidang geram yang aktif memotong. Ada dua jenis mata potong yaitu:

- Mata potong utama/mayor (S) : garis perpotongan yang terdapat dipahat antara bidang geram (A_v) dengan bidang utama (A_a).
- Mata potong bantu/minor (S') : garis perpotongan yang terdapat dipahat antara bidang geram (A_v) dengan bidang bantu (A_a')

Pertemuan antara mata potong utama dan mata potong bantu pada ujung pahat diperkuat dengan adanya radius pojok (r_e), yang berfungsi juga untuk menentukan kehalusan permukaan hasil pembubutan. Seperti yang dijelaskan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bagian-bagian pahat
Sumber: Rochim (1985)

2.7. Bahan Pahat

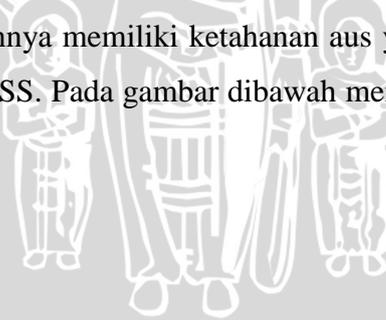
Prinsip dasar permesinan adalah kemampuan pahat terhadap benda kerja. Bahan dan geometri pahat adalah hal yang perlu di pertimbangkan untuk meningkatkan kemampumesinan pahat . Syarat bahan pahat yang harus diperhatikan antara lain (Kalpakjian, 1995) :

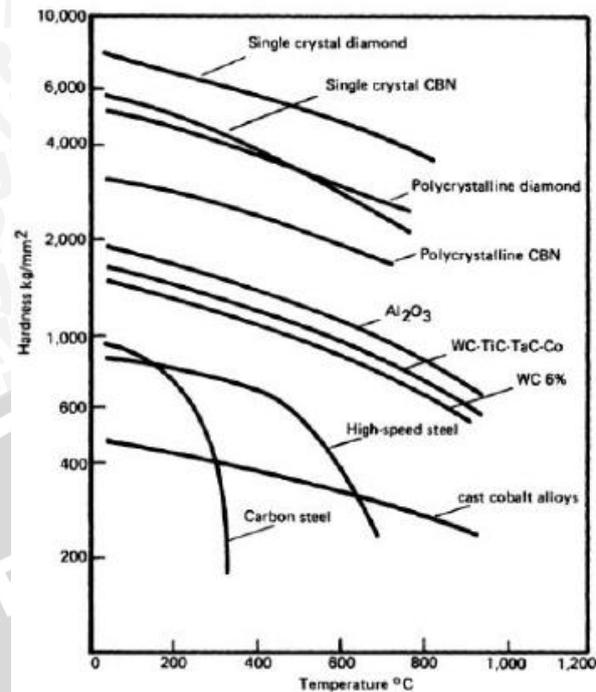
1. Kekerasan : kekerasan yang cukup tinggi melebihi benda kerja
2. Keuletan : keuletan yang cukup besar pada pahat diperlukan untuk menahan beban kejut yang terjadi pada proses permesinan.
3. Tahan beban kejut termal : ketahanan ini diperlukan pahat ketika terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala
4. Sifat adhesi yang rendah : sifat ini diperlukan pahat untuk mengurangi laju keausan serta penurunan gaya pemotongan

Pada proses permesinan ada berbagai macam jenis pahat yang biasa digunakan antara lain HSS, baja karbon, intan, keramik, karbida, *cubic boron nitride*(CBN) dan paduan kobalt cor. Untuk menghasilkan jenis pahat yang tepat, maka diperlukan pertimbangan pemilihan pahat berdasarkan pada sifat-sifat yang berhubungan dengan kekerasan, kekuatan dan ketangguhhan.

2.8. Pahat HSS

Pahat HSS didefinisikan oleh *The American society for testing and materials* di keterangan A600-79 sebagai alat kecepatan tinggi baja karena mempunyai kemampuan permesinan dengan kecepatan potong tinggi. Dengan paduan karbon, chromium, vanadium, molibdeum, tungsten atau kombinasi lain dengan sejumlah cobalt. Lebih dari 20 tingkat peralatan HSS yang umum digunakan, masing –masing dengan kelebihan dan keterbatasan yang dimiliki. Pahat HSS relatif murah dan tangguh namun memiliki keterbatasan kekerasan panas dan hanya dapat digunakan untuk memotong pada suhu sampai 550°C. HSS dibentuk dengan *hot-rolled* dan ditempa untuk dibentuk kasar, kemudian dilakukan permesinan sebelum diberi perlakuan panas dan gerinda. Dalam beberapa tahun terakhir telah tersedia pahat HSS dengan lapisan titanium (TiN) (sekitar 1-2mm) yang memiliki kekerasan setara 80-85 HRC. Pahat ini relatif ulet dan tahan guncangan sedangkan lapisannya memiliki ketahanan aus yang tinggi dan gesekan lebih rendah dari *uncoated* HSS. Pada gambar dibawah menjelaskan kekerasan tiap material pahat.





Gambar 2.9 Variasi kekerasan dan ketahanan panas material pahat
Sumber: Boothroyd (1989)

2.9. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan terjadi karena penyimpangan yang terjadi dalam melakukan proses permesinan. Untuk memperoleh produk yang berkualitas baik tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik perlu didukung oleh proses permesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh faktor pemtongan dan geometri pahat (Henry:2011). Ketidakteraturan permukaan dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu (Sudji : 1998)

1. Ketidakteraturan geometris yang berupa kesalahan bentuk (*form error*) terjadi dikarenakan adanya lenturan yang terjadi pada perkakas atau benda kerja dan kesalahan posisi pada waktu pengejakan/pemegangan benda kerja. yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ketidakteraturan geometris yang berupa kesalahan bentuk
Sumber: Rochim (2007)

2. Ketidakteraturan permukaan berupa alur (*grooves*), disebabkan oleh adanya getaran sebagai jejak/bekas dari pemotongan pahat. yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Ketidakteraturan permukaan berupa alur (*grooves*)
Sumber: Rochim (2007)

3. Ketidakteraturan permukaan yang menyerupai gelombang (*waviness*), disebabkan oleh terjadinya getaran sewaktu proses pemotongan berlangsung. yang ditunjukkan pada gambar 2.12.



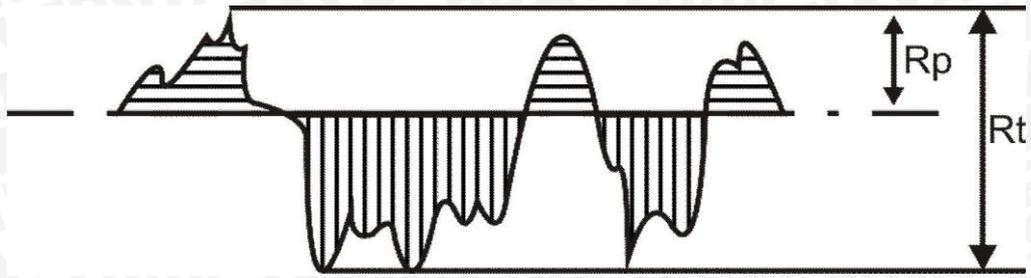
Gambar 2.12 Ketidakteraturan permukaan yang menyerupai gelombang (*waviness*)
Sumber: Rochim (2007)

4. Ketidakteraturan berupa serpihan (*flakes*), disebabkan oleh proses pembentukan *chip* yang sedang berlangsung. Yang ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ketidakteraturan berupa serpihan (*flakes*)
Sumber: Rochim (2007)

Penentuan profil permukaan yaitu dengan cara sensor peraba alat ukur digerakkan mengikuti lintasan berupa garis lurus sesuai dengan jarak yang telah ditentukan. Panjang lintasan tersebut merupakan panjang pengukuran (*traversing length; l_g*). Sedangkan bagian panjang pengukuran yang dilakukan analisis profil permukaan disebut panjang sampel (*sampling length; l_s*). Referensi profil ditunjukkan pada gambar 2.14 dengan penambahan keterangan bebearapa istilah profil yang penting yaitu :



Gambar 2.15 Kedalaman total dan kedalaman perataan

Sumber : Rochim (2007)

3. Kekasaran Rata-rata Aritmetik (*Mean Roughness Index/Center Line Average*), R_a (μm)

Harga rata-rata aritmetik bagi harga absolutnya, jarak antara profil terukur dengan profil tengah. Dengan rumus sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |h_i| dx \quad (2-16)$$

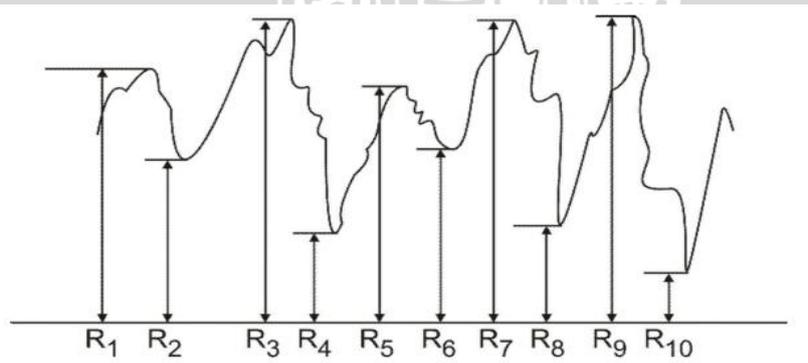
Keterangan : R_a = Kekasaran rata – rata aritmatik (μm)

l = Panjang Sampel (mm)

h_i = Jarak profil tengah dengan profil terukur (μm)

4. Kekasaran Total Rata-rata, R_z (μm)

Jarak antara profil alas ke profil terukur (misalnya 10 daerah) pada 5 daerah puncak tertinggi dikurangi 5 daerah lembah terendah.



Gambar 2.16 Kekasaran rata – rata dari puncak ke lembah

Sumber : Rochim (2007)

Dengan rumus sebagai berikut :

$$R_z = \frac{1}{5} (R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - \frac{1}{5} (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \quad (2-17)$$

Keterangan : Rz = Kekasaran Total rata – rata (μm)

5. Kekasaran Rata-rata Kuadratik (*Root Mean Square Height*), R_g (μm)

Adalah Akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah, Dengan rumus sebagai berikut :

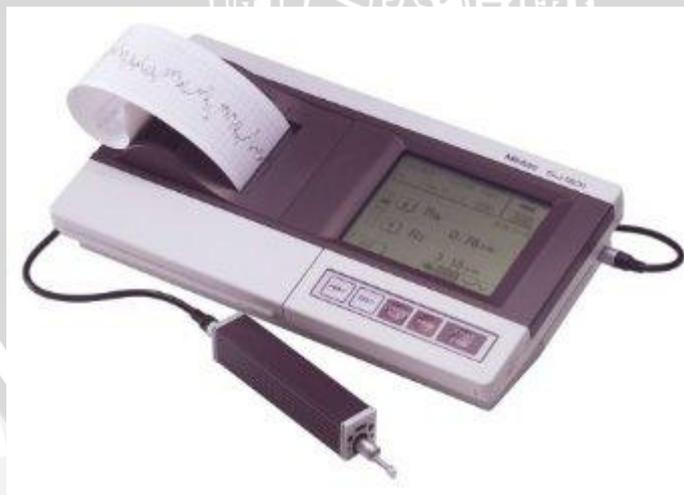
$$R_g = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h_i^2 dx} \quad (2-18)$$

Keterangan : R_g = Kekasaran rata – rata kuadratik (μm)

l = Panjang Sampel (mm)

h_i = Jarak profil tengah dengan profil terukur (μm)

Pemeriksaan kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan peralatan yang dilengkapi dengan peraba yang disebut *stylus*. Biasanya *Stylus* alat peraba kekasaran permukaan yang berbentuk konis atau piramida. Bagian ujung dari *stylus* ini ada yang berbentuk rata dan ada pula yang berbentuk radius. Untuk ujung *stylus* yang berbentuk radius, jari-jari keradiusannya biasanya sekitar 2 mm. Bila *stylus* bergeser maka setiap perubahan yang dialami oleh *stylus* karena permukaan yang tidak halus akan nampak pada kertas grafik dari peralatan ukurnya karena perubahan ini terekam secara otomatis. Untuk pengukuran secara langsung dalam penelitian ini digunakan alat *surface roughness tester* Mitutoyo.



Gambar 2.17 *Surface Roughness tester* Mitutoyo SJ 301

Sumber : *Instruction manual Surface roughness Tester* mitutoyo SJ 301

Harga kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) digunakan sebagai standar kualitas permukaan pada proses permesinan dari hasil pemotongan maksimum yang diizinkan. Dimana posisi (R_a) dan parameter kekasaran yang lain, bentuk profil,

panjang sampel, dan panjang pengukuran yang dilakukan oleh mesin-mesin ukur kekasaran. Harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran (ISO *roughness number*) seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Toleransi harga (Ra)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{0.025}^{+0.015}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Sumber : Rochim (2001)

2.10. *Cutting fluid*

Pada proses pembubutan gesekan antara pahat dan benda kerja menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur yang cukup tinggi. Sehingga untuk menjaga kondisi pahat dan berjalannya proses pemotongan dengan baik maka diperlukan media pendingin. Fungsi *cutting fluid* antara lain :

1. Mengurangi gesekan yang terjadi antara pahat, benda kerja dan geram yang timbul.
2. Mengurangi temperatur pada ujung pahat dan benda kerja.
3. Membersihkan geram yang timbul dari hasil proses pemotongan keluar dari daerah pemotongan.
4. Memperpanjang umur pahat.
5. Melindungi benda kerja dan mesin dari korosi.

Menurut Taufiq rochim cairan pendingin yang dipakai dalam proses permesinan dapat dibagi menjadi empat jenis utama yaitu (Rochim: 1985):

1. Cairan sintetik (*synthetic fluids, chemical fluids*) :

Cairan sintetik adalah larutan permukaan aktif atau larutan murni. Larutan ini tidak bersifat melumasi tetapi biasanya dipakai pada untuk penyerapan panas yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi. Jika ditambahkan dengan unsur lain dapat

membentuk kumpulan molekul sehingga mengurangi tegangan permukaan menjadi cairan permukaan aktif yang mudah dibasahi dan menyebabkan daya lumasnya menjadi naik.

2. Cairan emulsi (*emulsions, water miscible fluids, water soluble oils, emulsifiable cutting fluids*) :

Cairan emulsi adalah cairan yang mengandung partikel minyak berkisar 5 s.d 20 μm . Dengan penambahan unsur pengemulsi dalam minyak jenuh atau unsur lain dapat menaikkan daya lumasnya.

3. Cairan semi sintetis (*semi synthetic fluids*) ;

Merupakan perpaduan cairan sintetis dan cairan emulsi yang mempunyai karakteristik kandungan minyaknya lebih sedikit dari cairan emulsi yaitu berkisar 10% s.d 45% dan kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari cairan sintetis. Partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa minyak yang sangat jenuh (*super fatted*) atau jenis EP (*extreme pressure*)

4. Minyak (*cutting oils*)

Minyak yang digunakan berasal dari salah satu atau kombinasi dari minyak bumi (*naphthanic, paraffinic*), minyak hewani atau minyak nabati. Viskositasnya ada bermacam-macam yaitu dari yang rendah sampai tinggi tergantung kebutuhan pemakaiannya. Pencampuran antara minyak bumi dengan minyak hewani dapat menaikkan daya pembasahan sehingga memperbaiki daya lumas. Biasanya penambahan unsur yang digunakan seperti sulfur, klorin atau fosfor dapat menaikkan daya lumas pada temperatur dan tekanan tinggi.

Ketentuan dalam pemakaian *cutting fluid* dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Ketentuan pemakaian *cutting fluid*

<i>Material identification group</i>	<i>Type of cut</i>	<i>Turning</i>	
<i>Low-Medium Carbon</i>		<i>HSS</i>	<i>Carbide</i>
<i>Free Machining Steels</i>	<i>Rough and Finish</i>	3.1-3.12, 2.1-2.10	0, 3-3.12, 2-2.10

Sumber : Rochim (2001)

Tabel 2.3 Jenis Cairan pendingin

Code	Fluid Type	Code	Fluid type
0	Dry	3	Chemical fluids
2	Emulsifiable oils (water miscible) all	3.1	Chemical emulsion, light duty
2.1	Water miscible oil, light duty	3.2	Water base chemical, light duty
2.2	Water miscible oil, medium duty	3.3	Water miscible petrochemical, light duty
2.3	Water miscible oil, heavy duty	3.4	Chemical emulsion, heavy duty
2.4	Sulfo-chlorinated water miscible oil, heavy duty	3.5	Sulfurized water based chemical, heavy duty
2.5	Chlorinated water miscible oil, heavy duty	3.6	Chlorinated water based chemical, heavy duty
2.6	Sulfo-chlorinated water miscible compound, heavy duty	3.7	Water miscible, heavy duty
2.7	Water miscible compound, active sulfur, heavy duty	3.8	Chemical coolant
2.8	Water miscible mineral oil	3.9	Chemical solution
2.9	Fatty water miscible oil	3.10	Chemical emulsion, oli base
2.10	Extreme pressure water miscible oil, heavy duty	3.11	Chemical and oil solution, heavy duty
		3.12	Chemical and organic compound solution

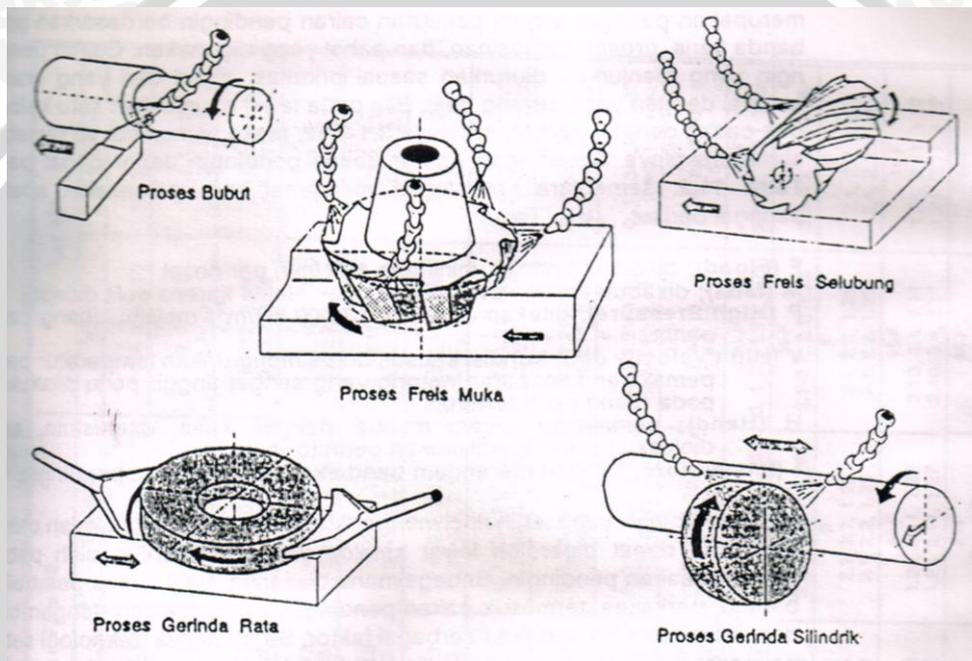
Sumber : Rochim (2001)

Ada beberapa cara dalam pemakaian *cutting fluid* antara lain (Rochim: 1985):

1. Dengan manual: pemakaian ini dilakukan jika mesin perkakas yang digunakan tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, maka cairan pendingin dipakai secara terbatas. Pada umumnya dilakukan memakai kuas untuk memercikkan pahat dengan mesin pendingin. Umur pahat dapat sedikit diperlama selama hal ini dilakukan secara teratur dan kecepatan potong tidak terlalu tinggi. Atau dapat dilakukan dengan alat sederhana yaitu penetes oil berupa botol dengan slang berdiameter kecil ini akan menghasilkan lebih baik karena menjamin keteraturan penetesan minyak.
2. Dikururkan/dibanjirkan (*flooding*) : pemakaian sistem pendingin ini terdiri dari pompa, saluran, nozel, dan tangki yang dimiliki oleh hampir semua mesin perkakas. Slang yang digunakan dapat diatur sehingga cairan pendingin dapat disemprotkan pada bidang aktif pemotongan.
3. Ditekan lewat saluran pada pahat ; cairan pendingin yang akan dialirkan yaitu dengan menggunakan tekanan tinggi yang melewati saluran pada pahat. Biasanya digunakan untuk penggurdian lubang yang dalam atau untuk proses

milling pada posisi yang sulit dengan penyemprotan biasa. Biasanya spindle mesin perkakas ini dirancang khusus karena harus menyalurkan cairan pendingin ke lubang pada pahat.

4. Dikabutkan (*misi*) ; pemakaian dengan cara ini dilakukan dengan penyemprotan cairan pendingin yang berupa kabut. Prinsip penyemprotan cairan pendingin dilakukan seperti semprotan nyamuk. Karena daya vakum akibat aliran udara diujung atas pipa akan menyebabkan cairan pendingin didalam naik melalui pipa berdiameter kecil dan menjadi kabut yang menyembrot keluar.



Gambar 2.18 Pemberian *cutting fluid* dengan cara disemprotkan
Sumber: Rochim (2007)

2.11 Viskositas

Viskositas adalah kekentalan suatu minyak pelumas yang merupakan besar dan kecilnya tahanan dalam fluida terhadap gesekan. Dinotasikan dengan η ("eta") sebagai rasio tegangan geser. Makin kental suatu cairan, untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu maka makin besar gaya yang dibutuhkan.

Dalam sistem standar internasional satuan viskositas ditetapkan sebagai viskositas kinematik dengan satuan ukuran mm^2/s atau cm^2/s . $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$, $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ St}$ (Stokes) (Stefan, 2012).

2.12 Baja

Baja merupakan salah satu bahan material yang penting dalam bidang industri. Penggunaan baja sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Salah satunya baja AISI 1045 yang digunakan pada komponen automotif misalnya pada komponen roda gigi, bantalan dan poros pada kendaraan bermotor. Baja AISI (*American iron and steel institute*) 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon antara 0,43-0,50 yang termasuk pada golongan baja karbon menengah. Komposisi kimia dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel dibawah

AISI Number	C %	Si %	Mn %	Mo %	P %	S %	Hardness
AISI 1008	0.10 Max	0.30 Max	0.50 Max	0.012	0.07 Max	0.06 Max	Case Hardened HRC 55Min
AISI 1015	0.13-0.18	0.10-0.30	0.30-0.60	0.02	0.04max		Case Hardened HRC 55-61
AISI 1045	0.43-0.50	0.10-0.30	0.60-0.90	0.025	0.04 Max	0.05 Max	Through Hardened HRC 60 Min
AISI 1086	0.83-0.88	0.10-0.30	0.30-0.70	0.04	0.04 Max	0.04 Max	Through Hardened HRC 60 Min

Gambar 2.19 Tabel komposisi kimia baja AISI
Sumber : www.strindustries.com/steel_balls.html

Berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*society of automotive engineers*) baja AISI 1045 termasuk baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional yaitu 10xx. Dimana angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan *plain carbon* kemudian kode xx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon. Jadi baja AISI 1045 adalah baja karbon yang komposisi karbonnya 0,45%.

2.13 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesis bahwa semakin besar sudut potong maka lebar pemotongan semakin kecil sehingga nilai tingkat kekasaran permukaan semakin rendah. Dan dengan penggunaan *cutting fluid* akan menghasilkan nilai tingkat kekasaran permukaan yang rendah. Karena *cutting fluid* berfungsi sebagai media pendingin, pelumasan dan juga berfungsi untuk membuang

geram yang dihasilkan pada proses pembubutan. Dan semakin tinggi viskositasnya akan menghasilkan kekasaran yang lebih rendah.

