

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Navy A'ang Assegaf dan Arya Mahendra Sakti (2014) telah melakukan penelitian pengaruh jenis pahat, kedalaman pemakanan, dan jenis cairan pendingin terhadap tingkat kekasaran dan kerataan permukaan Baja ST 41 pada proses *milling* konvensional. Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 27 buah, yang mendapatkan perlakuan berbeda dalam setiap proses pengerjaannya, yaitu: variasi jenis pahat (*Japan, JCK, Sutton*), kedalaman pemakanan (0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm), dan jenis cairan pendingin (*Cutting, APX, Global, Kyoso*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis pahat, jenis cairan dan kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap tingkat kekasaran dan kerataan permukaan benda kerja ST 41 pada proses pengerjaan *milling* konvensional. Nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 0,742 μm , diperoleh dengan menggunakan jenis pahat *Japan*, jenis cairan pendingin (*Cutting APX*) dan kedalaman 0,2 mm. Nilai kerataan permukaan paling rendah yaitu 0,033 mm, diperoleh dengan menggunakan jenis pahat *Japan*, jenis cairan pendingin (*Cutting APX*) dan kedalaman 0,2 mm.

Prasetyo (2014) telah melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jenis pahat *insert (kyocera dan wolframcarb)*, variasi kecepatan spindel (950 rpm, 1050 rpm, 1150 rpm) serta variasi kedalaman pemakanan (0,4 mm; 0,6 mm; 0,8 mm) terhadap tingkat kekasaran permukaan baja S45C dengan menggunakan *software mastercam* pada mesin *mori seiki CL2000*. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa (1) Ada pengaruh variasi jenis pahat insert, yaitu *kyocera* dan *wolframcarb* dihasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja terendah yaitu 2,436 μm pada penggunaan pahat *insert wolframcarb*. Karena semakin keras pahat yang digunakan, maka semakin rendah tingkat kekasaran permukaan benda kerja. (2) Ada pengaruh variasi kecepatan spindel, dihasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja terendah yaitu 2,436 μm pada kecepatan spindel 1150 rpm. Karena semakin tinggi kecepatan spindel, maka semakin rendah tingkat kekasaran permukaan benda kerja. (3) Ada pengaruh variasi kedalaman pemakanan, yaitu dihasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja terendah adalah 2,436 μm pada kedalaman pemakanan 0,4 mm. Karena semakin dalam pemakanan, maka semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

2.2 Proses Permesinan

Proses pemesinan adalah suatu proses dalam dunia manufaktur dengan menggunakan mesin-mesin produksi yang merupakan lanjutan dalam proses pembentukan atau proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan atau dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk benda yang sebenarnya. Pada proses pemesinan terdapat beberapa proses untuk menghasilkan produk mulai dari bahan baku yang diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis sehingga menghasilkan produk yang berfungsi. Suatu komponen mesin mempunyai karakteristik geometri yang ideal apabila komponen tersebut dapat digunakan sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh mesin, dan haruslah mempunyai ukuran atau dimensi yang tepat, bentuk yang sempurna dan permukaan yang halus. Akan tetapi dalam proses pengerjaannya tidak mudah membuat suatu komponen dengan karakteristik geometri yang ideal. Terdapat hal-hal yang tidak dapat dihindari adanya penyimpangan-penyimpangan selama proses pemesinan berlangsung, sehingga produk tidak mempunyai geometri yang ideal. Dalam hal ini penyetulan mesin perkakas, metode pengukuran, keausan dari pahat, gerakan dari mesin perkakas, temperatur, dan gaya-gaya pemotongan merupakan faktor-faktor dari penyimpangan (Taufiq Rochim;1993).

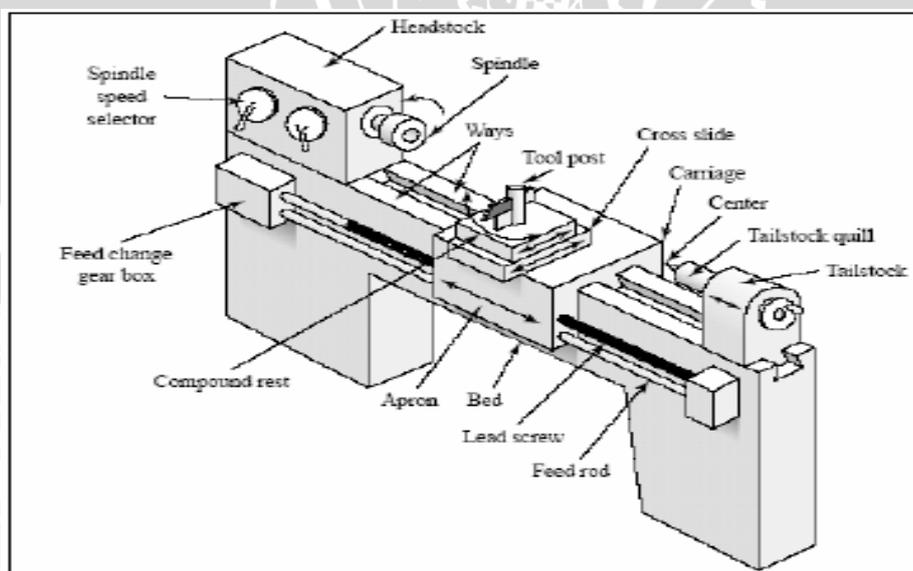
2.3 Klasifikasi Proses Permesinan

Proses permesinan terbagi dalam dua klasifikasi yaitu proses pemesinan yang bertujuan untuk membuat benda kerja dengan bentuk silindris atau konis dengan benda kerja atau pahat yang berputar, dan untuk membentuk benda kerja dengan permukaan datar tanpa memutar benda kerja. Karena bentuknya yang beraneka ragam tersebut maka proses permesinan yang dilakukannya juga bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silindrik atau rata. Klasifikasi proses permesinan ditinjau dari jenis pahat dan gerak relatif antara pahat (*cutting tool*) dengan benda kerja (*workpiece*). Gerak pahat terhadap benda kerja dapat dibagi menjadi dua macam komponen gerakan, diantaranya yaitu gerak makan (*feeding movement*) dan gerak potong (*cutting movement*). Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan proses permesinan dapat diklasifikasikan menjadi dua macam proses berlainan yang pertama yaitu proses bubut (*turning*), proses gurdi (*drilling*), proses freis (*milling*), dan proses gerinda (*grinding*) dan

yang kedua proses sekrap (*shaping, planing*), dan proses gergaji (*sawing*). (Taufiq Rochim;1993)

2.4 Proses Bubut

Proses bubut merupakan proses pemesinan untuk membentuk produk material berupa bentuk silindris. Proses pemesinan ini pada dasarnya pengerjaan permukaan luar benda silindris atau bubut rata. Mesin bubut (*turning machine*) merupakan jenis mesin perkakas yang pada proses kerjanya spindle mesin bergerak memutar benda kerja dan menggunakan *cutting tool* (pahat potong) sebagai alat untuk menyayat benda kerja. Pada prosesnya, benda kerja dipasang lebih dulu pada *chuck* (pencekam) yang terhubung pada spindle mesin, kemudian spindle diatur kecepatannya sesuai perhitungan yang sudah ditentukan. Alat potong (*cutting tool*) yang digunakan untuk membentuk benda kerja kemudian akan mulai menyayat bagian benda kerja yang berputar. Pada gambar 2.1 terlihat komponen-komponen pada mesin bubut berupa *Headstock* (di dalamnya terdapat *gearbox* mesin), *tailstock* yang berfungsi untuk menjepit dan membuat posisi benda kerja menjadi *center*, *carriage* atau eretan, yang terdiri dari *top carriage* atau eretan atas, *cross carriage* atau eretan melintang, dan *apron* yang terdapat komponen *gear box* pada *carriage*.

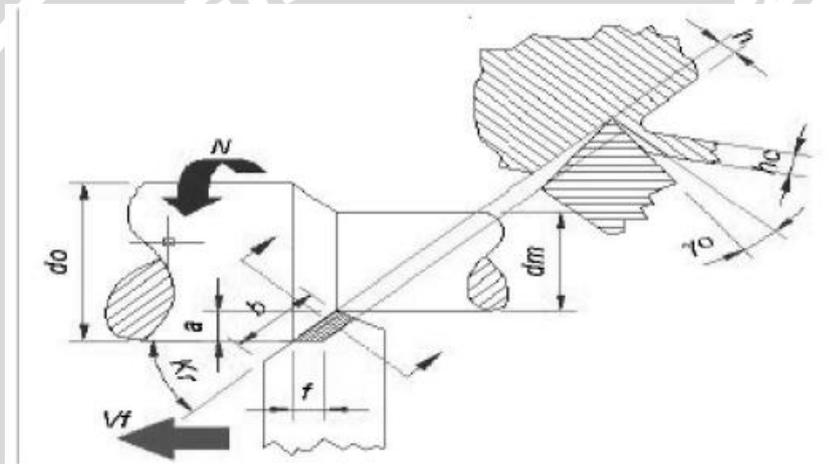


Gambar 2.1 Bagian-bagian Mesin Bubut.

Sumber : (Taufiq Rochim;1993)

2.4.1 Elemen Dasar Proses Bubut

Elemen dasar pada proses bubut merupakan parameter pemotongan yang dapat diatur pada mesin bubut. Terdapat tiga parameter utama pada proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Dalam hal ini terdapat beberapa faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi proses bubut seperti bahan benda kerja yang digunakan dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang dapat diatur langsung oleh operator mesin bubut. Elemen dasar proses bubut dapat dilihat pada gambar 2.2 dimana elemen dasar tersebut meliputi *Feeding* (F), putaran (n), kedalaman potong (a) dan kecepatan makan (vf).



Gambar 2.2 Proses Bubut

Sumber : (Taufiq Rochim;1993)

- Geometri Benda kerja : d_o : diameter awal, (mm)
 d_m : diameter akhir, (mm)
 l_t : panjang pemesinan, (mm)
- Geometri Pahat : k_r : sudut potong utama, (o)
 γ_o : sudut geram, (o)

Dengan diketahuinya besaran-besaran di atas sehingga kondisi pemotongan dapat diperoleh.

2.4.2 Kecepatan Potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong merupakan panjang ukuran dari pemakanan yang dilakukan pahat potong terhadap benda kerja atau panjang total yang terpotong dalam ukuran meter pada saat benda kerja berputar selama satu menit (Taufiq rochim;1993) :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (\text{m/menit}) \quad (2-1)$$

v : adalah kecepatan potong ,(m/min)

n : putaran spindle/ poros utama (r/min)

d : diameter rata – rata

Dimana :

$$d = \frac{d_o - d_m}{2} \quad (\text{mm})$$

2.4.3 Kecepatan Gerak Pemakanan

Merupakan kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Untuk mengetahui besaran kecepatan gerak pemakanan didasarkan pada gerak makan (f). Biasanya untuk besaran kecepatan gerak makan sudah dicantumkan di setiap mesin bubut, sehingga operator dapat langsung mengatur kecepatan gerak makan yang diinginkan.

Kecepatan gerak pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut (Taufiq rochim;1993):

$$v_f = f \cdot n \quad (\text{mm/min}) \quad (2-2)$$

Dimana :

v_f : kecepatan gerak pemakanan (mm/min)

f : gerak makan, (mm/rev)

n : putaran benda kerja, (r/min)

2.4.4 Kedalaman pemotongan (*depth of cut*)

Merupakan rata – rata dari diameter benda kerja awal sebelum pembubutan dengan diameter benda kerja akhir setelah pembubutan. Kedalaman pemakanan juga dapat didefinisikan dengan dalamnya pahat potong menusuk benda kerja saat penyayatan berlangsung. Kedalaman pemakan dirumuskan sebagai berikut (Taufiq rochim;1993) :

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2-3)$$

Dimana : a : kedalaman pemakanan (mm)
do : diameter awal,(mm)
dm : diameter akhir,(mm)

2.4.5 Waktu pemotongan (*cutting time*)

Lamanya waktu yang dilakukan selama proses pemotongan berlangsung dapat diketahui dengan rumus berikut (Taufiq Rochim;1993):

$$t_c = l_t / v_f \text{ (min)} \quad (2-4)$$

Dimana :

l_t = panjang permesinan (mm)
 v_f = Kecepatan makan(mm/min)

2.4.6 Kecepatan penghasil geram (*material removing rate*)

Kecepatan penghasil geram dapat diketahui dengan rumus berikut (Taufiq Rochim;1993):

$$Z = f . a . v_f \text{ (mm}^3\text{/min)} \quad (2-5)$$

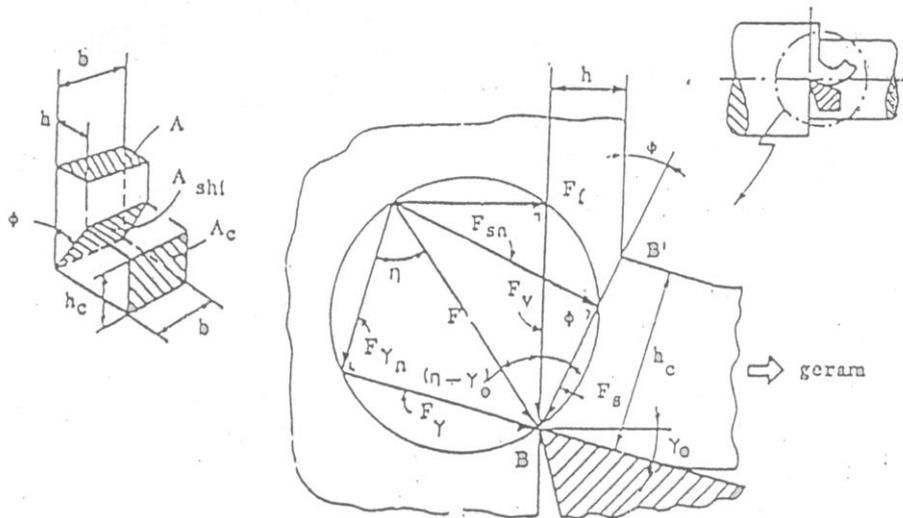
Dimana :

Z = Kecepatan penghasil Geram (mm³/min)
f = gerak makan (mm/rev)
a = kedalaman potong (mm)
 v_f = Kecepatan makan (mm/min)

2.5 Gaya Pemotongan Pada Proses Pembubutan

Gaya pemotongan merupakan gaya yang terjadi pada waktu pemotongan benda kerja. Gaya pemotongan merupakan gaya yang timbul akibat adanya gerakan yang berlawanan oleh benda kerja terhadap pahat potong yang melakukan pemotongan. (Boothroyd; 1981).

Berdasarkan analisis geometrik dari lingkaran gaya *Merchant*, gaya potong F dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Lingkaran Gaya Pemotongan (Lingkaran *Merchant*)

Sumber : (Rochim ; 1993)

Gaya dibagi menjadi 3 macam, 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.

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.

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).

Berikut adalah rumus gaya pemotongan :

$$F_v = F \cos (\eta - \gamma_o) , \text{ dan} \quad (2-6)$$

$$F_s = F \cos (\Phi + \eta - \gamma_o) \quad (2-7)$$

$$\text{Maka, } F_v = \frac{F_s \cos (\eta - \gamma_o)}{\cos (\Phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-8)$$

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

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2-9)$$

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

A_{shi} = Penampang bidang geser

$$= A / \sin \Phi \text{ (mm}^2\text{)}$$

A = Penampang geram sebelum terpotong

$$= b \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

Dengan demikian gaya potong teoritik dapat dirumuskan sebagai berikut

$$F_v = \tau_{shi} \cdot b \cdot h \frac{\cos (\eta - \gamma_o)}{\sin \Phi \cdot \cos (\Phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-10)$$

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 :

$$\Phi = 45^\circ + \frac{\gamma_o}{2} - \frac{\eta}{2} \quad (2-11)$$

Dan besarnya sudut gesek dapat diketahui sebagai berikut :

$$\eta = 90^\circ + \gamma_o - 2\Phi \quad (2-12)$$

2.6 Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan atau penetrasi sementara dari material yang lebih keras. Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan yang tergantung dari cara melakukan pengujian yaitu :

- a. Metode Gesek (*Scratch Hardness*).

Metode ini dikenalkan oleh Friedrich Mohs. Metode ini merupakan perhatian utama dari para ahli mineral. Dengan mengukur kekerasan, berbagai mineral dan bahan-bahan lain, disusun berdasarkan kemampuan gesekan yang satu terhadap yang lain. Mohs membagi kekerasan material di dunia berdasarkan skala (dikenal sebagai skala Mohs).

Skala bervariasi dari nilai 1 sampai 10. Dalam skala Mohs urutan nilai kekerasan material di dunia diwakili oleh:

- | | |
|-------------|--------------------|
| a. Talc | f. Orthoclase |
| b. Gypsum | g. Quartz |
| c. Calcite | h. Topaz |
| d. Fluorite | i. Corundum |
| e. Apatite | j. Diamond (intan) |

Prinsip pengujian :

Bila suatu material mampu digores oleh Orthoclase tetapi tidak mampu digores oleh apatite maka kekerasan mineral berada pada apatite dengan orthoclase. Kelemahan metode ini adalah ketidakakuratan nilai kekerasan suatu material.

- b. Metode Elastik /Pantul (*Dynamic Hardness*).

Metode ini menggunakan alat Shore Scleroscope yang gunanya untuk mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (hammer) dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap permukaan benda uji. Tinggi pantulan yang dihasilkan mewakili kekerasan benda uji. Semakin tinggi pantulan tersebut yang ditunjukkan oleh dial pada alat pengukur maka kekerasan benda uji dinilai semakin besar.

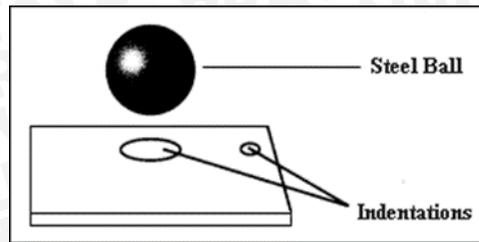
- c. Metode Lekukan / Indentasi (*Indentation Hardness*).

Pengujian ini dilakukan dengan penekanan benda uji dengan indenter dengan gaya tekan dan waktu indentasi yang ditentukan. Kekerasan material ditentukan oleh dalam ataupun luas area indentasi yang dihasilkan (tergantung jenis indenter dan jenis pengujian).

Metode ini antara lain :

1. Metode Brinell
2. Metode Meyer
3. Metode Vickers
4. Metode Rockwell

Dalam penelitian ini menggunakan uji kekerasan dengan metode Rockwell. Uji kekerasan Rockwell sering digunakan karena cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu membedakan kekerasan paling kecil pada baja yang diperkeras. Uji ini berbeda dengan uji Brinell dan Vickers karena pada uji ini tidak menilai kekerasan suatu bahan dari diagonal jejak yang dihasilkan tetapi dengan pembacaan langsung (*direct reading*). Di bawah ini adalah contoh uji keras Rockwell yang diterapkan pada beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji :



Gambar 2.4 Contoh uji kekerasan dengan uji Rockwell.

Sumber : (Callister ; 2007)

2.7 Defleksi

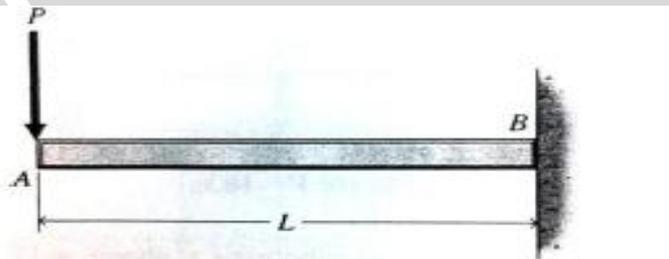
Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah sumbu y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi terjadinya defleksi (Munandar ; 2011) :

1. Kekakuan batang.
2. Besar kecilnya gaya yang diberikan.
3. Jenis tumpuan yang diberikan.
4. Jenis beban yang terjadi pada batang.

Pada proses bubut benda kerja dicekam pada chuck yang menunjukkan pada proses ini benda mengalami tumpuan jepit dan dikenai gaya oleh pahat, maka benda kerja pada proses bubut juga akan mengalami defleksi. Defleksi yang terjadi pada saat proses bubut tersebut berpengaruh pada kekasaran permukaan yang dihasilkan.

2.7.1 Defleksi Kantilever Dengan Beban Terpusat

Jika sebuah balok kantilever diberi beban terpusat maka akan terdapat defleksi (δ_a), kondisi tersebut seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Untuk mengetahui besarnya defleksi, maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Balok kantilever dengan beban P.

Sumber : Wahyu (2013)

$$\delta_a = PL^3/3EI \quad (2-13)$$

Dengan : P = Beban Terpusat (N)

E = Modulus elastisitas bahan (N/mm²)

I = Momen inersia luasan (mm⁴)

L = Panjang batang (mm)

2.8 Kekakuan Benda Kerja

Kekakuan benda kerja dapat mempengaruhi defleksi yang terjadi pada proses bubut. Benda kerja dengan panjang lebih besar akan memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda kerja yang memiliki panjang lebih kecil. Untuk mengetahui nilai dari kekakuan benda kerja, dapat dilihat pada permukaan berikut ini :

$$F = k \cdot x \quad (2-14)$$

Dengan : F = gaya yang diberikan pada pegas (N)

k = kekakuan pegas

x = pertambahan panjang pegas (mm)

Persamaan besar defleksi dapat diubah menjadi persamaan berikut,

$$P = (3EI/L^3) \delta_a \quad (2-15)$$

Jika dibandingkan persamaan (2-13) gaya yang diberikan pada pegas (F) dan persamaan (2-14) diatas (P) maka dapat dilihat bahwa kekakuan benda kerja sebesar $(3EI/L^3)$ sebanding dengan kekakuan pegas (k), beban terpusat (P) sebanding dengan gaya yang diberikan pada pegas (F) dan defleksi (δ_a) sebanding dengan pertambahan panjang pegas (x).

Dalam proses pembubutan, gaya potong (F_v) selain menyebabkan getaran juga akan mengakibatkan lenturan/defleksi baik bagi pahat maupun benda kerja yang akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

2.9 Pahat Potong (*cutting tool*)

Untuk merencanakan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, dalam hal ini seperti penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan langkah kerja/langkah penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi, penentuan cara pengukuran dan alat ukur

yang digunakan. Ketika menentukan pahat bubut (*cutting tool*) sebaiknya harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan jenis bahan benda kerja yang akan dibubut. Karena, proses bubut berlangsung dengan cara mempertemukan dua jenis material yang berbeda. Sehingga, untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses bubut ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai jika pahat yang dibuat dengan memperhatikan aspek – aspek berikut ini (Taufiq Rochim;1993) :

- a. Kekerasan yang cukup tinggi pada pahat potong sebaiknya melebihi kekerasan benda kerja tidak hanya pada temperatur ruang melainkan pada temperatur tinggi pada saat proses permesinan berlangsung.
- b. Keuletan yang cukup besar sebaiknya dimiliki oleh pahat potong untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu proses pemesinan berlangsung dan pada saat memotong benda kerja yang mengandung bagian yang keras.
- c. Ketahanan beban kejut termal pada pahat potong juga diperlukan apabila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.
- d. Sifat adhesi pada pahat potong yang rendah, untuk mengurangi afinitas pada benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
- e. Daya larut elemen atau komponen material yang rendah, dibutuhkan demi memperkecil laju keausan akibat mekanisme.

Beberapa material pahat bubut yang sering digunakan adalah baja paduan cor non ferro paduan, baja paduan karbon tinggi termasuk didalamnya HSS, karbida, intan dan keramik. Dalam penelitian kali ini pahat yang akan digunakan adalah pahat karbida.

2.9.1 Sistem Pemotongan

Menurut Sistem pemotongan dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

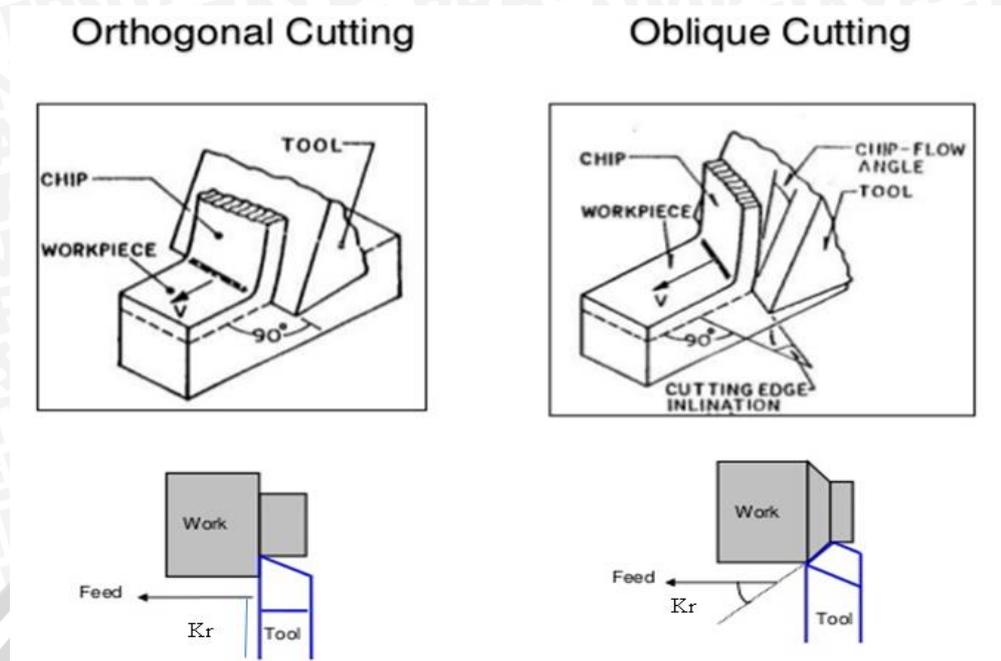
1. Sistem Pemotongan Tegak (*Orthogonal Cutting*)

Sistem pemotongan tegak terjadi apabila pahat potong memiliki sudut potong utama (K_r) = 90° .

2. Sistem Pemotongan Miring (*Oblique Cutting*)

Sistem pemotongan miring terjadi apabila pahat potong memiliki sudut potong utama (K_r) < 90° . Seperti yang terlihat pada gambar 2.5.

Dalam penelitian ini menggunakan sudut potong utama 90° pada kedua pahat.

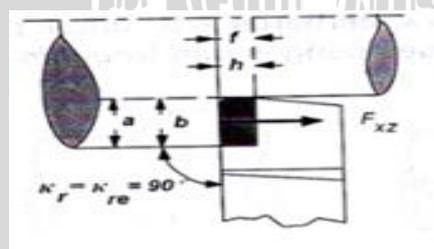


Gambar 2.6 Sistem Pemotongan Tegak (A) dan Miring (B)

Sumber : (Boothroyd;1985)

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 2.7 Sudut potong utama 90°

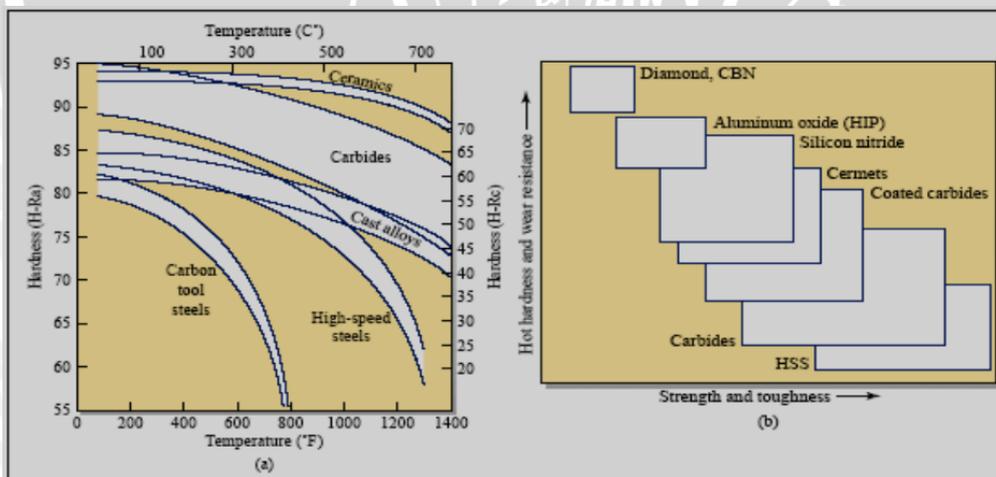
Sumber : (Boothroyd;1985)

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 2.7 Gaya radial yang besar akan menghasilkan lenturan yang besar ataupun getaran sehingga menurunkan ketelitian geometri produk dan hasil pemotongan terlalu kasar

2.9.2 Pahat Karbida

Pahat karbida dibentuk dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang dari Cobalt (Co). Pada proses pembuatannya bahan dasarnya yaitu (serbuk) Tungsten (Wolfram, W) Titanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida dengan cara *carburizing* kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring. Sebelum dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin), salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut terlebih dahulu dicampur dengan bahan pengikat (Co). Setelah itu dilakukan *presintering* (pemanasan awal untuk menguapkan bahan pelumas dengan temperatur 1000°C) dan kemudian *sintering* (1600°C) sehingga bentuk keping (sisipan) dari hasil proses cetak tekan akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula.

Material Pahat yang baik memiliki sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk berkualitas baik dan efisien (waktu yang diperlukan pendek). Ketangguhan (*toughness*) dari pahat diperlukan, sehingga pahat tidak akan pecah atau retak terutama pada saat melakukan pemotongan. *Hot Hardness* adalah Kekuatan dan kekerasan pahat harus tetap bertahan meskipun pada temperatur tinggi. Penentuan material pahat pada jenis material benda kerja dan kondisi pemotongan (adanya beban, kejut pengasaran, penghalusan). Baja karbon sampai keramik dan intan adalah material pahat. Sifat *hot hardness* dari beberapa material pahat :



Gambar 2.8 Jenis Material Pahat dengan sifat *Hot Hardness* dan *Toughness*

Sumber : (Rochim ; 2007)

Hot-hardness karbida yang disemen (diikat) ini hanya akan menurun apabila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat Co, kekerasannya akan menurun dan begitupun sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya (density, sekitar 2 kali baja). Koefisien muainya

setengah daripada baja dan konduktivitas panasnya sekitar dua atau tiga kali konduktivitas panas HSS. (Rochim ; 2007)

Tiga jenis utama pahat karbida :

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

2.10 Baja (*Steel*)

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Pengecoran, pencanaian atau penempaan merupakan beberapa cara untuk membentuk baja. Salah satu unsur penting yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja yaitu karbon. Dalam teknik, baja merupakan logam yang paling banyak digunakan. contohnya dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya. (B.M Amstead;1993)

Secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- A. Baja karbon
 1. Baja karbon rendah ($<0,30\%C$)
 2. Baja karbon sedang ($0,30 < C < 0,70$)
 3. Baja karbon tinggi ($0,70 < C < 1,40\%$)
- B. Baja paduan
 1. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus $<8,0\%$)
 2. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus $>8,0\%$)

Dari segi kegunaan Baja karbon rendah biasanya lebih sering digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut. Sedangkan untuk rel kereta api, as, roda gigi, dan suku cadang yang berkekuatan tinggi, atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi menggunakan baja karbon sedang. Untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian-bagian yang harus tahan gesekan biasanya menggunakan baja karbon tinggi.

2.10.1 Baja AISI 1045

Merupakan Baja termasuk golongan karbon sedang, karena baja karbon dengan jenis ini memiliki komposisi karbon sekitar 0,43% – 0,50%. Baja karbon sedang biasanya lebih banyak digunakan pada komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja AISI 1045 disebut dengan baja karbon hal ini sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10XX berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan *plain carbon* kemudian kode XX setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon (B.M Amstead;1993).

Sehingga dapat diartikan baja AISI 1045 merupakan baja karbon atau *plain carbon steel* yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,45%. Baja spesifikasi ini biasanya banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan.

2.11 Cairan pendingin (*Cutting fluid*)

Dalam proses permesinan, cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus. Disamping untuk memperpanjang umur pahat dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya potong disamping itu juga permukaan produk hasil permesinan menjadi lebih baik (halus). Cairan pendingin juga memiliki fungsi sebagai pembersih atau membantu membuang geram dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi.

Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi. Dengan cairan pendingin temperatur yang tinggi yang terjadi dilapisan luar benda kerja bisa dikurangi, sehingga tidak merubah stuktur metalografi benda kerja. Proses kimiawi diperkirakan juga terjadi dalam proses bubut. Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses bubut. Pendingin ini berupa cairan yang disemprotkan pada benda kerja yang dibubut dan pada pahat, pendinginan ini bertujuan untuk mengurangi panas yang timbul pada benda kerja dan mata pahat (aditya;2014).

Dalam proses permesinan cairan pendingin yang biasa digunakan dapat dibagi menjadi empat jenis utama yaitu *Straight oils* (minyak murni), *Soluble oil*, *Semisynthetic fluids* (cairan semi sintetis), *Synthetic fluids* (cairan sintetis). (Taufiq Rochim;1993).

2.11.1 Jenis pendingin

Dalam proses permesinan jenis pendingin yang biasa dipakai dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Taufiq Rochim;1993) :

A. *Straight oils* (minyak murni)

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.

B. *Soluble oils*

Soluble Oil ketika dicampur dengan air akan membentuk emulsi. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya 3 - 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus. Penambahan jenis minyak jenuh atau unsur lain (Extreme Pressure Additives) dapat menaikkan daya pelumas. Minyak ini digunakan luas oleh industri pemesinan dan harganya lebih murah di antara cairan pendingin yang lain.

C. *Semisynthetic fluids* (cairan semi sintetis)

Merupakan perpaduan cairan sintetik 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 sintetik. Partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa minyak yang sangat jenuh (*super fatted*) atau jenis EP (*extreme pressure*)

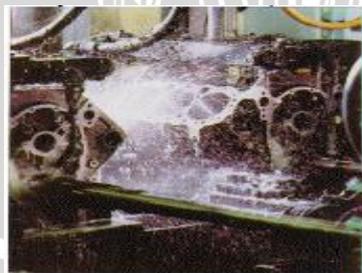
D. *Synthetic fluids* (cairan sintetis).

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

2.11.2 Cara Pemberian Cairan Pendingin

Cairan pendingin akan Berfungsi lebih efektif jikalau cairan ini diarahkan dan dijaga alirannya pada daerah pembentukan geram. Penggunaan cairan pendingin yang tidak sesuai dapat menyebabkan bidang aktif pahat mengalami beban yang berfluktuasi. Penentuan pemilihan cairan pendingin harus juga dipakai dengan cara yang benar. Beberapa cara yang dipraktekkan untuk mengefektifkan pemakaian cairan pendingin, yaitu dengan cara sebagai berikut (Taufiq Rochim;1993) :

1. Secara manual. Jika mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, misalnya Mesin Gurdi atau Frais jenis “bangku” (*bench drilling/milling machine*) maka cairan pendingin yang dipakai hanya terbatas. Untuk melumasi pahat gurdi, tap atau frais, biasanya operator hanya memakai kuas yang sudah dilapisi minyak pendingin. Hal ini akan mempengaruhi umur pahat yang bisa sedikit diperlama jika dilakukan secara teratur dan kecepatan potong tak begitu tinggi. Akan lebih baik lagi jika dilakukan dengan alat sederhana penetes oli yang berupa botol dengan selang berdiameter kecil karena menjamin keteraturan penetesannya minyak. Untuk menaikkan umur pahat pengulir (*tapping tool*) dapat dilakukan dengan penggunaan pelumas padat (gemuk/vaselin, atau *molybdenum-disulfide*) yang dioleskan pada lubang-lubang yang akan ditap.
2. Disiramkan ke benda kerja (*flood application of fluid*). Hampir semua mesin perkakas dengan standar saat ini sudah memiliki sistem cairan pendingin satu set kelengkapan pompa. Pada sistem ini nozel dengan selang fleksibel dapat diatur arahnya sehingga cairan pendingin disemprotkan pada bidang aktif pemotongan akan lebih terarah.

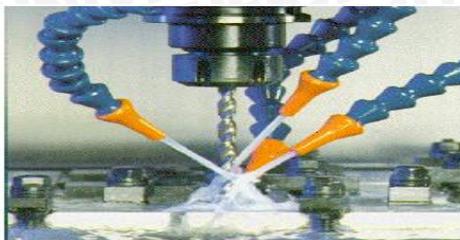


Gambar 2.9 . *flood application of fluid*

Sumber : (Widarto;2008)

3. Disemprotkan (*jet application of fluid*). 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 spindel mesin perkakas ini dirancang khusus karena harus menyalurkan cairan pendingin ke lubang pada pahat.



Gambar 2.10 *jet application of fluid.*

Sumber : (Widarto;2008)

4. Dikabutkan (*mist application of fluid*). Dengan cara ini cairan pendingin disemprotkan dengan udara berupa kabut dan diarahkan langsung ke daerah pemotongan. 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 menyemprot keluar.



Gambar 2.11 *mist application of fluid.*

Sumber : (Widarto;2008)

2.11.3 Pengaruh Cairan Pendingin pada Proses Permesinan

Terdapat fungsi utama dan fungsi kedua dari cairan pendingin pada proses permesinan. Yang utama adalah fungsi yang ditentukan oleh perencana proses permesinan dan operator mesin perkakas. Kedua adalah fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya penerapan cairan pendingin tersebut. Fungsi cairan pendingin tersebut adalah (Widarto;2003) :

1. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses permesinan adalah :
 - a. Khususnya pada kecepatan potong rendah dapat melumasi proses pemotongan.
 - b. Pada kecepatan potong tinggi dapat mendinginkan benda kerja.

- c. Membantu membuang geram dari daerah pemotongan.
2. Fungsi kedua cairan pendingin adalah :
 - a. Permukaan yang disayat dapat terlindungi dari korosi.
 - b. Pengambilan benda kerja dapat lebih mudah, karena bagian yang panas sudah mulai dingin.

Pada proses permesinan dengan adanya penggunaan cairan pendingin dapat memberikan pengaruh terhadap pahat dan benda kerja yang sedang dikerjakan. Berikut beberapa pengaruh menggunakan cairan pendingin pada proses permesinan :

1. Pada beberapa kasus, permukaan benda kerja menjadi lebih baik (halus).
2. Deformasi benda kerja karena panas akan berkurang.
3. Memperpanjang umur pahat.
4. Membantu membuang/membersihkan geram.

2.11.4 Kriteria Pemilihan Cairan Pendingin

Penggunaan cairan pendingin membantu proses permesinan menjadi lebih efektif. Dalam hal ini ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam pemilihan cairan pendingin tersebut. Berikut kriteria utama dalam menentukan cairan pendingin pada proses pemesinan adalah (Widarto;2003) :

1. Unjuk kerja cairan pendingin pada proses permesinan.
 - Pelumasan yang baik (*lubrication performance*)
 - Penghantaran panas yang baik (*heat transfer performance*)
 - Pembuangan geram (*chip flushing*)
 - Kemampuan cairan membawa beram (*fluid carry-off in chips*)
 - Pencegahan korosi (*corrosion inhibition*)
 - Stabilitas cairan (*fluid stability*)
 - Pembentukan kabut fluida (*fluid mist generation*)
2. Keamanan terhadap lingkungan.
3. Biaya yang dikeluarkan.
4. Keamanan terhadap kesehatan (*health hazard performance*).

Berikut rekomendasi penggunaan cairan pendingin untuk beberapa proses pemesinan yaitu : pembuatan ulir (*threading*), gurdi (*drilling*), reamer (*reaming*), pengetapan (*taping*), dan bubut (*turning*) yang memerlukan cairan pendingin, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pada proses pemesinan bahan benda kerja yang dikerjakan

merupakan faktor penentu jenis cairan pendingin yang akan digunakan pada proses pemesinan.

Tabel. 2.1 Cairan pendingin yang direkomendasikan untuk beberapa material benda kerja.

<i>Material identification group</i>	<i>Type of cut</i>	<i>Turning</i>	
		HSS	Carbide
<i>Low-Medium Carbon 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 : (Taufiq Rochim;2001)

Tabel 2.2 Jenis Cairan pendingin

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

Sumber : (Taufiq Rochim;2001)

2.12 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).

2.13 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan penyimpangan dari hasil suatu proses pemesinan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan. Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Tingkat kehalusan suatu permukaan memiliki pengaruh dalam perencanaan suatu komponen mesin, hal ini menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam merencanakan proses permesinan harus dipertimbangkan terlebih dahulu mengenai peralatan mesin yang akan digunakan untuk membuatnya serta berapa biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap proses permesinan. Operator mesin bubut sebaiknya memahami dengan baik karakteristik permukaan agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti sehingga proses bubut akan lebih efektif.

2.13.1 Hal - Hal Yang Mempengaruhi Tingkat Kekasaran Permukaan

Menurut Mardiansyah (2014) dalam penelitiannya menyebutkan terdapat beberapa hal yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan yaitu diantaranya :

1. Pahat Bubut

Dalam proses pemotongan pahat bubut merupakan salah satu perkakas yang memiliki peranan penting dari proses bubut yang berfungsi untuk menyayat benda kerja sehingga menjadi produk seperti yang direncanakan dalam bentuk dan ukuran serta mutu permukaan yang sesuai harapan. Pada pahat potong (*cutting tool*) sifat-sifat bahan yang harus dipenuhi untuk setiap bahannya adalah mampu menahan pada pelunakan yang tinggi, material pahat harus memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari benda kerja dan memiliki ketahanan yang tinggi untuk mengatasi retakan.

2. Pendingin

Pendinginan adalah suatu proses untuk mendinginkan benda kerja akibat panas yang terjadi dari dua benda saling bergesekan dimana syarat-syarat pendinginan meliputi :

- Mempunyai daya dingin yang baik.
- Mempunyai daya lumas yang baik.
- Mempunyai sifat netral terhadap benda kerja yakni menimbulkan karat.

- d. Ramah lingkungan dan aman untuk kesehatan.
- e. Tidak cepat memuai.

Berikut ini beberapa keuntungan menggunakan cairan pendingin yaitu :

- a. Pahat potong tidak cepat aus, sehingga lebih tahan lama umurnya.
 - b. Pada kecepatan potong yang lebih tinggi panas akan semakin meningkat pada benda kerja dan pahat potong, akan tetapi dengan penggunaan cairan pendingin maka benda kerja dan pahat potong akan lebih cepat dingin sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses pemesinan menjadi lebih singkat.
 - c. Permukaan hasil proses pemesinan akan semakin baik (halus) dan ketepatan ukuran dapat tercapai.
3. Material Bahan

Dalam menentukan bahan juga merupakan faktor yang memiliki pengaruh terhadap kualitas hasil pembubutan, hal ini berkaitan dengan sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan itu sendiri, seperti sifat keras, lunak, liat dan lain-lain. Sifat keras merupakan sifat yang paling dominan yang terdapat dalam suatu bahan, dimana tingkat kekerasan bahan sangat bervariasi tergantung dengan kandungan kadar karbon (C) dalam bahan tersebut. Untuk tiap tingkat kekerasan bahan tersebut, akan memiliki tingkat kualitas permukaan yang berbeda-beda apabila dikerjakan pada mesin-mesin produksi termasuk pada proses bubut tergantung dari masing-masing tingkat kekerasan bahan tersebut.

2.13.2 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menganalisa tingkat kekasaran permukaan. Meraba atau menggaruk permukaan benda kerja yang diperiksa adalah salah satu cara yang paling sederhana. Akan tetapi dengan cara ini sudah tentu memiliki beberapa kelemahan, karena sifatnya hanya membandingkan saja. Dan untuk penentuan baik tidaknya suatu permukaan adalah berdasarkan perasaan si pengukur yang antara pengukur yang satu dengan lainnya sudah tentu terdapat perbedaan. Dengan cara yang lebih teliti lagi yaitu menggunakan peralatan khusus yang dilengkapi dengan jarum peraba (*stylus*). Prinsip kerja alat ini memiliki sistem berdasarkan prinsip elektris. Dengan peralatan yang dilengkapi *stylus* ini maka hasil dari pengukuran kekasaran permukaan bisa langsung dapat dilihat. Jika dilihat dari proses pengukurannya maka dapat dibagi menjadi dua kelompok cara pengukuran yaitu : pengukuran permukaan secara tak langsung atau membandingkan dan pengukuran permukaan secara langsung.

A .Pengukuran Kekasaran Permukaan Secara Tidak Langsung

Ada beberapa cara yang bisa dilakukan dalam pemeriksaan permukaan secara tidak langsung atau membandingkan ini, diantaranya yaitu dengan cara melihat/mengamati (*visual inspection*), dengan cara meraba permukaan benda kerja (*touch inspection*), dengan cara menggaruk (*scratch inspection*), dengan cara fotografi permukaan (*surface photographs*), dan dengan cara menggunakan mikroskop (*microscopic inspection*).

B. Pengukuran Kekasaran Permukaan Secara Langsung

Untuk pengukuran secara langsung dalam penelitian ini digunakan alat *surface roughness tester* Mitutoyo. Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat *indicator* pengukur kekasaran permukaan benda uji.

Dalam penelitian kali ini alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah alat ukur jenis Mitutoyo SJ-301.

Prinsip kerja Mitutoyo *Surface roughness test* SJ-301 adalah :

1. Benda kerja yang akan diukur akan terdeteksi oleh Detector Stylus.
2. Gerakan mekanik yang terdeteksi menjadi sinyal elektrik dirubah oleh pergerakan dari Detector Stylus.
3. Kemudian sinyal elektrik akan dimasukkan didalam proses perhitungan pada mesin.
4. Hasil perhitungan akan ditampilkan pada layar monitor (*display*).
5. Data dicetak berupa *printout* hasil pengukuran.



Gambar 2.12 *Surface Roughness tester* Mitutoyo SJ 301

Sumber : Laboratorium Metrologi Industri Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Pada saat *stylus* bergeser maka setiap perubahan yang dialami oleh *stylus* akibat adanya permukaan yang tidak halus akan terlihat pada layar monitor dan akan terbaca pada kertas grafik dari alat ukurnya karena perubahan ini terekam secara otomatis.

2.13.3 Parameter permukaan

Untuk menentukan suatu profil permukaan, maka jarum peraba (*stylus*) dari alat ukur harus digerakkan dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu mengikuti lintasan yang berupa garis lurus. Panjang lintasan disebut panjang pengukuran dimana dilakukan analisa dari profil permukaan disebut panjang sampel (l). Untuk satu panjang pengukuran terdiri dari beberapa panjang sampel dan secara otomatis *roughnes tester* akan merata-ratakan hasilnya. Beberapa istilah profil yang harus diketahui (Taufiq Rochim;2001) :

1. Profil geometri ideal

Merupakan profil dari permukaan geometris ideal dapat berbentuk garis lurus, lingkaran ataupun garis lengkung.

2. Profil terukur

Profil dari permukaan terukur.

3. Profil referensi

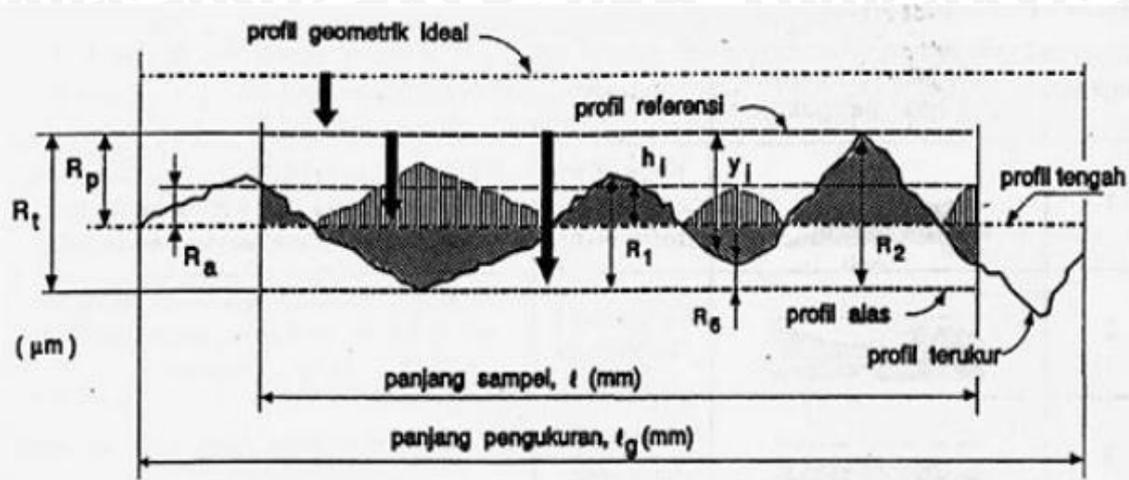
Profil referensi digunakan untuk menganalisa ketidakteraturan dari konfigurasi permukaan. Profil ini berupa garis lurus dengan bentuk yang sesuai dengan ideal dimana posisinya menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel.

4. Profil dasar

Profil referensi digeserkan kebawah sehingga menyinggung titik terendah dari profil terukur.

5. Profil tengah

Profil referensi digeserkan kebawah, sehingga luasan daerah di atas profil tengah sampai ke profil terukur sama dengan luasan dari daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur.



Gambar 2.13 Posisi Profil Untuk Satu Panjang Sampel

Sumber : (Sudji Munadi;1988)

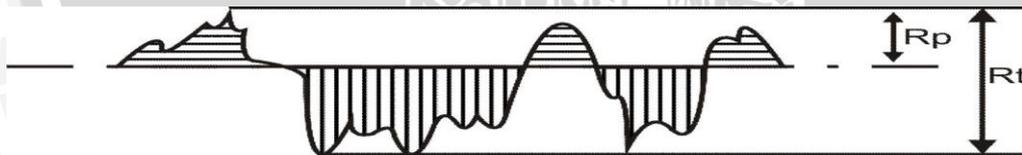
Beberapa parameter yang dapat dilihat dari gambar profil-profil yang telah disebutkan diatas antara lain adalah (Taufiq Rochim;2011) :

1. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), R_t (μm)

Merupakan besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar.

2. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p (μm)

Merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.



Gambar 2.14 Kedalaman total dan kedalaman perataan

Sumber : (Sudji Munadi;1988)

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. Ditunjukkan pada gambar 2.9.

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

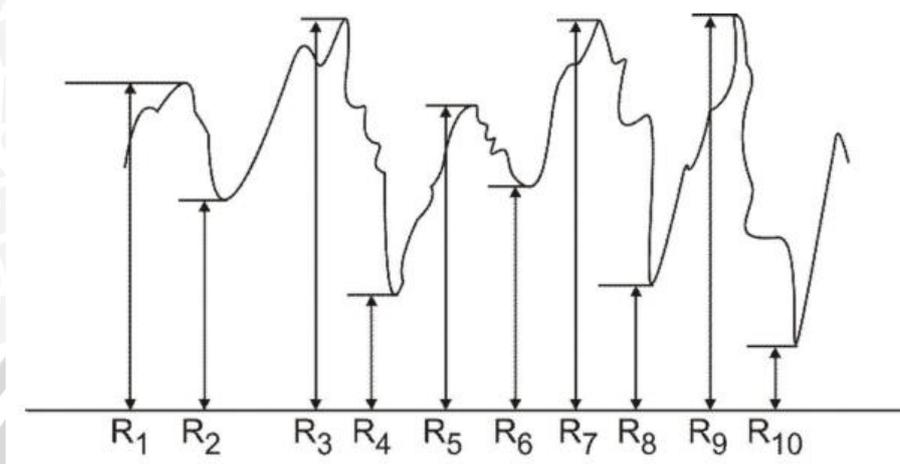
Keterangan : R_a = Kekasaran rata – rata aritmatik (μm)

l = Panjang Sampel (mm)

h_i = Jarak profil tengah dengan profil terukur (μm)

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

Merupakan jarak dari rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak dari rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah. Lihat gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.15 Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah.

Sumber : (Sudji Munadi;1988)

$$R_z = \sum (R_1 + R_2 + \dots + R_5 - R_6 - \dots - R_{10}) / 5 \quad (2-17)$$

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

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

Merupakan akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

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

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

l = Panjang Sampel (mm)

h_i = Jarak profil tengah dengan profil terukur (μm)

Pada proses pemesinan kualitas kekasaran permukaan yang paling umum adalah harga kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (R_a) yaitu, sebagai standar kualitas permukaan 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 seperti pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Toleransi harga (Ra)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{\frac{+20\%}{-25\%}}$	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	0.8
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	2.5
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Sumber : (Sudji Munadi;1988)

Toleransi harga kekasaran rata-rata dari suatu permukaan juga tergantung dari proses pengerjaannya. Berikut contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 2.4 Tingkat Kekasaran Permukaan Menurut Proses Pengerjaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	$N_1 - N_4$	0.025 – 0.2
<i>Superfinishing Diamond turning</i>	$N_1 - N_6$	0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	$N_1 - N_8$	0.025 – 3.2
<i>Finishing</i>	$N_4 - N_8$	0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50.0
<i>Drilling</i>	$N_7 - N_{10}$	1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	$N_6 - N_{12}$	0.8 – 50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	$N_{10} - N_{11}$	12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	$N_6 - N_8$	0.8 – 3.2
<i>Die casting</i>	$N_6 - N_7$	0.8 – 1.6

Sumber : (Sudji Munadi;1988)

2.14 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesis bahwa, dalam proses pembubutan, gaya potong selain menyebabkan getaran juga akan mengakibatkan lenturan/defleksi baik bagi pahat maupun benda kerja yang akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Dengan jenis pahat yang memiliki kekerasan lebih tinggi, maka pahat akan semakin kaku dan beban pada saat penyayatan benda kerja akan berkurang sehingga defleksi pada benda kerja semakin kecil yang mengakibatkan kekasaran permukaannya menurun. Nilai kekasaran permukaan proses pembubutan dengan *cutting fluid* akan lebih rendah, hal ini sesuai fungsi *cutting fluid* membantu membuang geram dan sebagai pelumasan pada proses pembubutan sehingga mengurangi panas yang terjadi akibat gesekan antara mata pahat dan benda kerja. Viskositas pelumas yang tinggi akan menurunkan kekasaran permukaan pada benda kerja karena semakin tinggi viskositas, ketahanan panas dan sifat pendinginannya yang dimiliki lebih baik sehingga mampu menurunkan gaya potong dan panas akibat gesekan yang terjadi antara pahat dan benda kerja.



