

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mesin Bubut

2.1.1. Pengertian umum mesin bubut

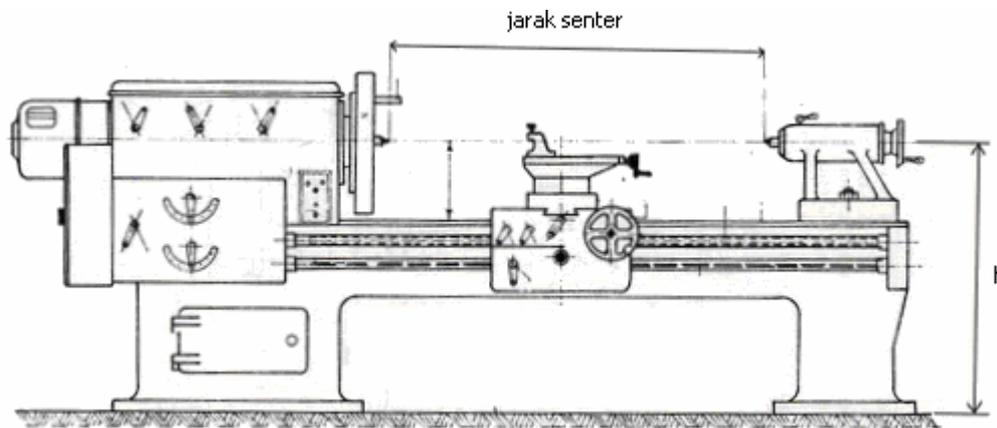


Gambar 2.1. Mesin bubut

Peranan mesin bubut (Gambar 2.1) dalam industri pengolahan/pengerjaan logam sangat besar sekali karena mesin bubut dapat mengerjakan dan membentuk benda-benda kerja silindris seperti poros-poros, *pulley*, bahan baku roda gigi dan juga benda yang berbentuk tirus serta dapat membuat lubang dan ulir.

Mesin bubut yang gerak utamanya berputar ini berfungsi sebagai pengubah bentuk atau ukuran benda dengan cara menyayat benda tersebut dengan pahat penyayat. Perputaran mesin bubut berasal dari sebuah motor listrik yang dipasang dibawah atau disamping mesin, kemudian motor tersebut dihubungkan dengan poros utama dengan menggunakan sebuah atau beberapa buah *pulley*, sehingga bila motor ini berputar maka poros utama ikut berputar bersamaan dengan benda kerja.

Ukuran mesin bubut ditentukan oleh panjang, tinggi dan diameter maksimum benda kerjanya. Panjang diukur dari jarak kedua pusatnya, sedangkan tingginya diukur dari jarak pusat terhadap alas mejanya (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Ukuran mesin bubut (Daryanto, 1987)

Jenis dan perkakas perlengkapan mesin bubut menentukan ukuran dan jenis pengerjaan benda kerja, artinya bahwa tidak semua benda kerja dapat dikerjakan dengan cara dan menggunakan alat yang sama. Oleh karenanya mesin bubut selalu dilengkapi dengan peralatan yang membantu kerja mesin bubut, misalnya alat-alat jepit, penyangga.

2.1.2. Prinsip Dasar

Mesin bubut merupakan sebuah alat yang universal dan dipakai terutama untuk mengerjakan benda yang silindris. Pada mesin bubut dikenal 3 gerakan utama (Gambar 2.3) antara lain:

a) *Main Motion*

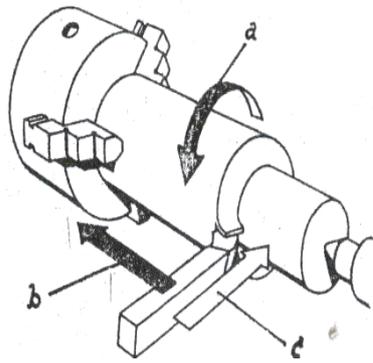
Merupakan gerakan berputarnya benda kerja.

b) *Feed Motion*

Merupakan gerakan majunya alat potong atau pahat ke arah membujur pada proses turning

c) *Adjusting Motion*

Merupakan gerakan majunya pahat atau gerakan pemakanan yang dilakukan pahat dan terdapat pada gerakan melintang (*depth of cut*)



Gambar 2.3. Gerak pahat mesin bubut (Daryanto, 1987)

2.1.3. Macam-macam pengerjaan

Pada mesin bubut terdapat beberapa macam pengerjaan (Gambar 2.4), antara lain:

a) Membubut silindris (*turning*)

Membubut silinder rata sering dilakukan dari bahan asal dengan sekali atau lebih pemakanan kasar kemudian baru pemakanan akhir (untuk finishing)

b) Membubut muka (*facing*)

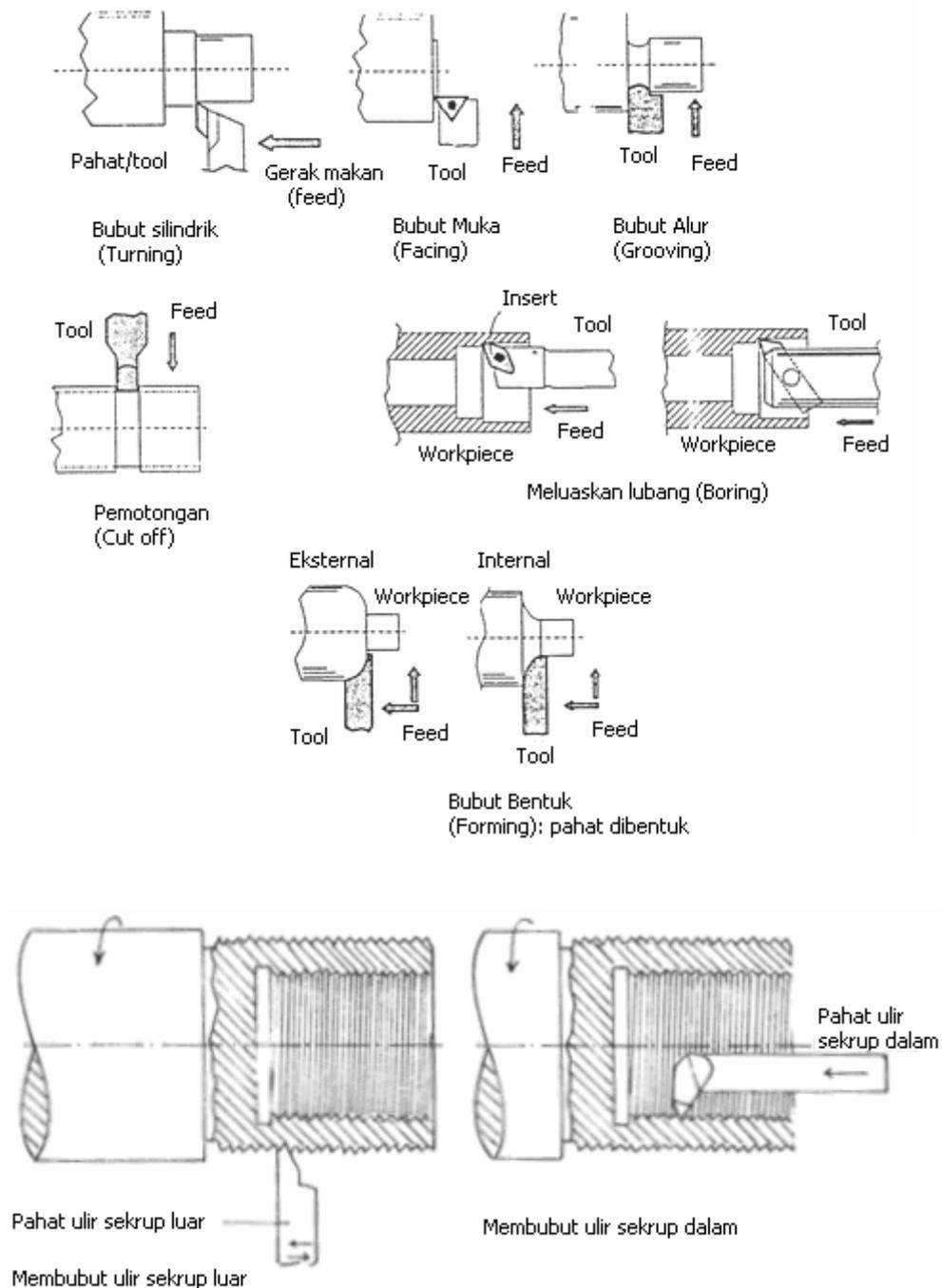
Membubut muka adalah membubut untuk meratakan bagian muka atau ujung benda kerja agar diperoleh permukaan ujung benda kerja yang rata dan halus, cara pemakanan pahat adalah dari tengah-tengah benda kerja kearah mundur menuju operator, pemakanan dari arah operator menuju pusat benda kerja juga dimungkinkan.

c) Membubut tirus

Adalah proses pemotongan yang bertujuan untuk menghasilkan benda kerja yang berbentuk tirus (ujung benda kerja silindris mempunyai ukuran yang berbeda)

d) Membubut ulir

Bertujuan untuk membuat ulir, dalam membuat ulir, pahat yang digunakan adalah jenis pahat ulir, dan jenis-jenis pengerjaannya adalah pembubutan ulir dalam dan pembubutan ulir luar

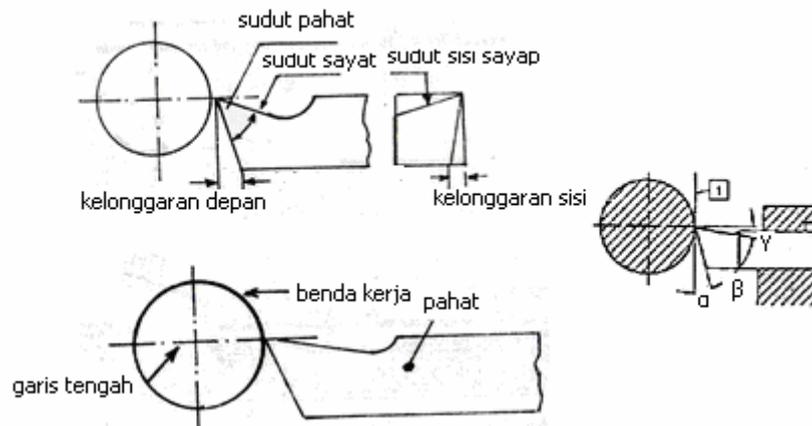


Gambar 2.4. Jenis pekerjaan mesin bubut (Rochim, 1993)

2.1.4. Mata pahat mesin bubut

2.1.4.1 Geometri pahat

Pada dasarnya alat potong mempunyai tiga sudut utama (Gambar 2.5), yaitu sudut kelonggaran (*clearance angle*), sudut pahat (*cutting angle*) dan sudut sayat (*rake angle*).



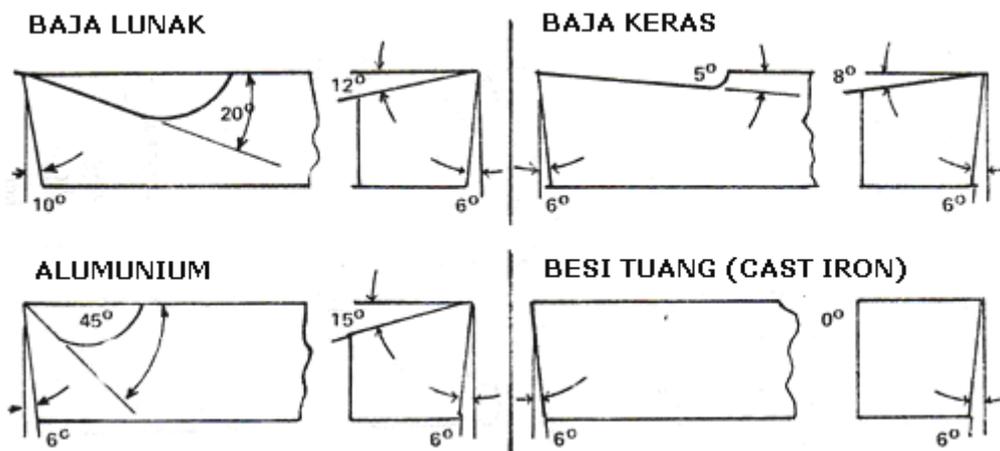
Gambar 2.5. Sudut potong tool (Daryanto, 1987)

α adalah sudut kelonggaran atau *clearance angle*, yaitu sudut antara punggung sisi potong dengan benda kerja yang berfungsi untuk mencegah terjadinya gesekan antara tool dan benda kerja. Sudut kelonggaran dibuat sedemikian rupa sehingga permukaan pahat tidak bersinggungan dengan benda kerja.

β adalah sudut pahat atau baji atau disebut juga *cutting angle*. Besarnya sudut ini mempengaruhi kekuatan alat potong. Bila benda kerja keras (getas) gunakan β besar, bila benda kerja lunak (ulet) gunakan β kecil.

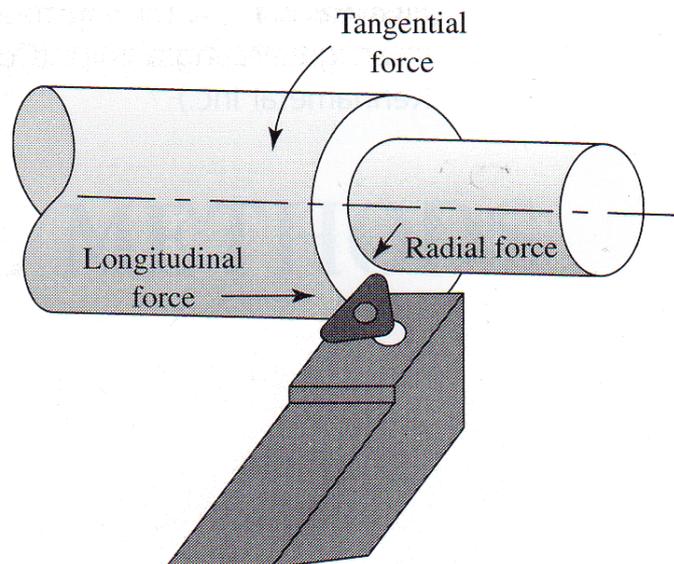
γ adalah sudut sayat atau *rake angle*. Sudut ini mempengaruhi penusukan alat potong terhadap benda kerja. Bila benda kerja keras gunakan γ kecil (atau bahkan negatif), bila benda kerja lunak, gunakan γ besar. Sudut sayat yang besar sangat baik untuk menghilangkan chip. Namun demikian sudut ini tidak boleh diperbesar secara sembarangan, sebab bisa mengakibatkan sudut pahat menjadi kecil dan mudah patah.

Besarnya α , β , dan γ disesuaikan dengan jenis materialnya. Setiap material yang berbeda akan memiliki sudut yang berbeda pula (Gambar 2.6)



Gambar 2.6. Besar sudut pahat (Daryanto, 1987)

Proses permesinan menggunakan pahat sebagai perkakas potongnya dan geometri dari pahat tersebut akan merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses permesinan.



Gambar 2.7. Gaya pada mata pahat saat proses *turning* (George schneider, 2001)

Ada 3 jenis gaya yang terjadi di mata pahat pada saat proses turning (Gambar 2.7). Gaya-gaya tersebut adalah:

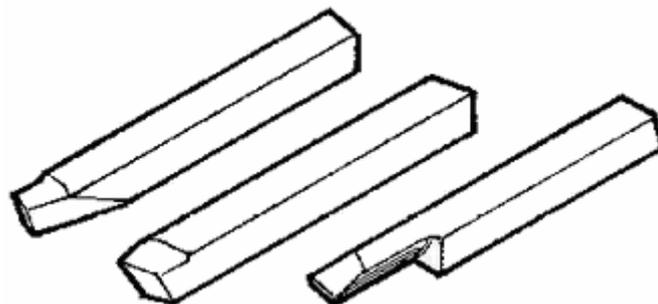
1. *Tangential force* (gaya tangensial): gaya ini bekerja pada arah tangensial/sumbu Y searah dengan arah putaran benda kerja dan menghasilkan gaya reaksi terhadap perputaran benda kerja tersebut. Pada

kondisi normal, gaya ini adalah gaya yang paling besar dibandingkan dengan kedua gaya yang lainnya, besarnya sekitar 99% dari daya total yang diperlukan oleh operasi mesin bubut (berhubungan dengan daya motor). Salah satu penyebab terjadinya getaran pada mesin bubut adalah adanya gaya tangensial.

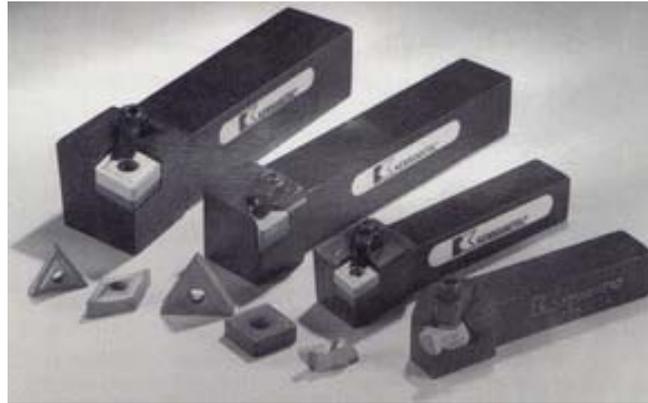
2. *Longitudinal force* (gaya longitudinal): gaya longitudinal terjadi pada arah axis/ sumbu X benda kerja dan memberikan gaya reaksi pada arah axis mata pahat. Besar gaya ini hanya 1% dari total daya operasi permesinan yang dibutuhkan.
3. *Radial force* (gaya radial): gaya radial bekerja pada garis tengah benda kerja/sumbu Z. Besar gaya ini adalah yang paling kecil dari kedua gaya lainnya.

2.1.4.2 Jenis-jenis pahat

Jenis pahat yang umum dipakai ada 2 macam, yaitu jenis *single point tools* dan *multi point tools*. *Single point tools* terdiri dari *blank tool* (Gambar 2.8a) dan tipe *insert* (Gambar 2.8b), begitu juga dengan *multi point tools* terdiri atas *blank tool* (Gambar 2.9) dan tipe *insert* (Gambar 2.10). *Blank tool* adalah pahat yang untuk mendapatkan sudut potongnya harus diasah sesuai dengan kebutuhannya, sedangkan jenis *insert*/sisipan adalah pahat yang sudah memiliki standart sudutnya masing-masing, tidak perlu diasah untuk mendapatkan sudut tertentu, dan dapat langsung digunakan sesuai kebutuhannya.



Gambar 2.8a. *Single point blank tools*



Gambar 2.8b. *Single point insert tools*



Gambar 2.9. *Multipoint tools*



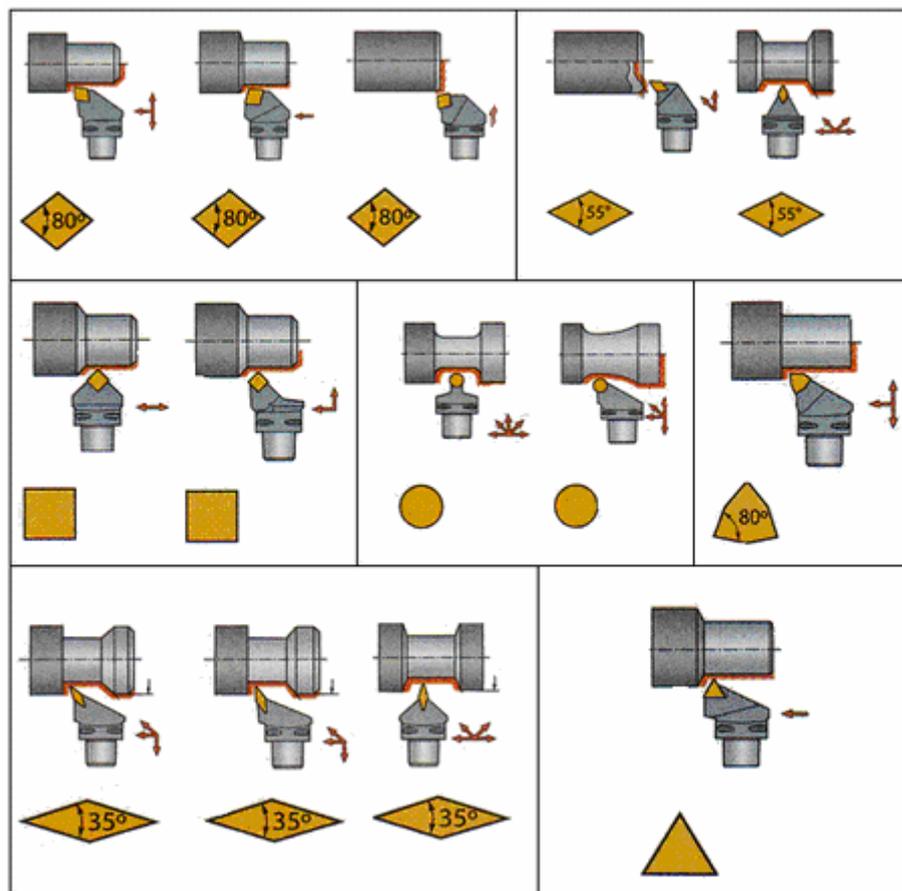
Gambar 2.10. *Multi point insert tools*

2.1.4.3 Material tool/pahat bubut:

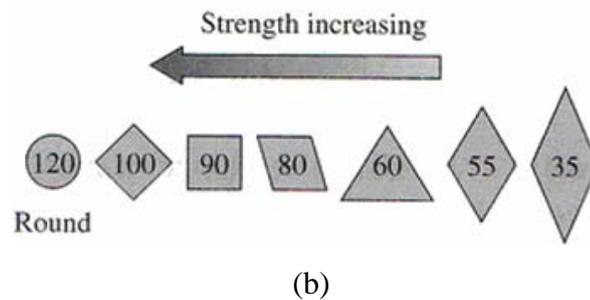
Cemented carbide (hard metal)

Pahat ini tidak mengandung besi tetapi terdiri dari karbid khusus *wolfram*, *titan*, *tantalium* yang dilebur bersamaan dengan *cobalt*. Logam keras yang dilebur (sintering) tersebut memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan

baja perkakas paduan rendah dan memiliki sifat yang lebih tahan aus. Logam ini dapat bertahan pada suhu yang jauh lebih tinggi (sampai 900°C) tanpa mengurangi kekerasannya. Dengan ini dimungkinkan bahwa logam ini dapat dipekerjakan pada kecepatan potong yang tinggi dan waktu yang lama. Pahat ini biasanya berupa pahat *insert* (sisipan) yang memiliki fungsi berbeda sesuai dengan bentuknya (Gambar 2.11a). Kekuatan mata pahat dapat dilihat dari besar sudut mata pahat itu. Semakin besar sudut *insert*nya maka kekuatannya akan semakin besar. Mata pahat berbentuk lingkaran/*circle* memiliki kekuatan yang paling besar dari semua bentuk mata pahat yang ada karena tidak memiliki sudut (lihat Gambar 2.11b). Mata pahat ini sangat baik digunakan pada proses *finishing* untuk material yang sangat keras.



Gambar 2.11a. Macam-macam pengerjaan sesuai bentuk pahat insert
(Sandvix, 2006)



Gambar 2.11b. Tingkat kekuatan mata pahat sesuai bentuknya (George schneider, 2001)

2.1.4.4 Sifat-sifat bahan dasar pahat bubut

Bahan dasar pahat bubut harus bersifat :

1. Keras

Agar *cutting edge* atau sisi potong dapat memotong benda kerja.

2. Ulet

Agar sisi potong tidak mudah patah, tahan terhadap beban kejut atau getaran.

3. Tahan panas

Bahan pahat bubut harus memiliki karakteristik tahan panas agar dapat digunakan pada kondisi kecepatan potong tinggi tanpa mengalami kerusakan.

4. Tahan lama

Secara ekonomis menguntungkan, umur pakai alat potong lebih lama.

2.1.5. Parameter pembubutan

Pada proses pembubutan dikenal berbagai macam parameter pemotongan yang memiliki pengaruh terhadap hasil pembubutan. Parameter yang dimaksud adalah *cutting speed*, *spindle speed*, *feeding rate* dan *depth of cut*.

2.1.5.1 *Cutting speed* / kecepatan potong

Adalah kecepatan penyayatan pahat terhadap benda kerja yang dapat menghasilkan potongan dengan baik. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan *cutting speed* adalah sebagai berikut:

a. Bahan benda kerja

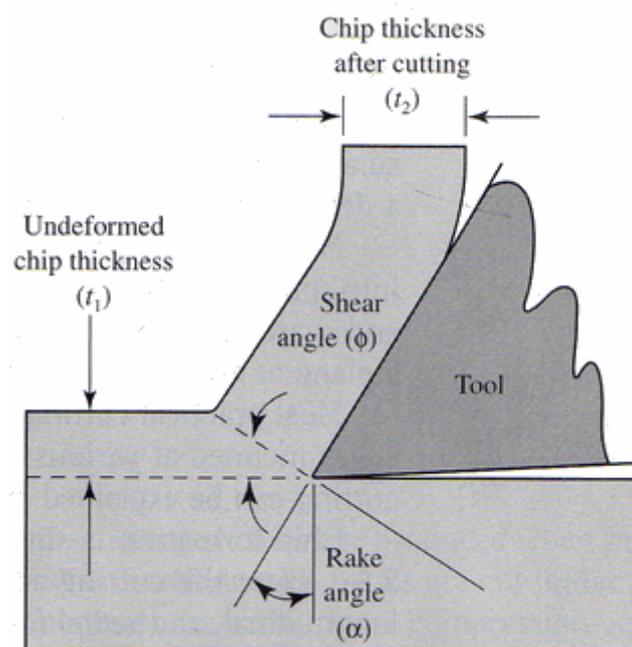
Dalam proses kontruksi dikenal berbagai macam material yang memiliki spesifikasi dan kekerasan yang beragam. Kekerasan yang beragam inilah yang nantinya sangat berpengaruh terhadap perlakuan pengerjaan khususnya pada mesin bubut. Pada prinsipnya untuk benda kerja yang keras dapat menggunakan *cutting speed* yang rendah.

b. Bahan *tool*

Ketahanan terhadap panas dari tool yang dipakai sangat beragam pula. Beberapa yang sudah dikenal adalah HSS, *carbide*, memiliki ketahanan terhadap panas yang beragam. *Carbide* lebih memiliki ketahanan terhadap panas dibandingkan HSS maka dapat dipakai *cutting speed* yang tinggi.

c. Penampang *chip*/geram

Besar kecilnya penampang *chip* biasanya dibedakan pada pengerjaan *roughing* atau *finishing*. Pada proses *roughing*, penampang *chip* (Gambar 2.12) besar karena *cutting speed* nya rendah, dan pada *finishing*, penampang *chip* kecil karena *cutting speed* tinggi.



Gambar 2.12. Penampang *chip*/geram (George schneider, 2001)

d. Pendingin

Hubungannya sangat erat dengan ketahanan panas *tool* dimana penggunaan pendingin mampu mempertahankan *tool* karena panas. Pada pendinginan yang sempurna dapat menggunakan *cutting speed* yang tinggi.

e. Macam mesin bubut

Pada dasarnya mesin yang besar (mesin yang memiliki daya yang tinggi) dapat menggunakan *cutting speed* yang tinggi.

Pada tabel 2.1 ditunjukkan beberapa pemilihan *cutting speed* yang direkomendasikan sesuai dengan jenis material pahat yang digunakan.

Tabel 2.1. Tabel cutting speed

MATERIAL	KECEPATAN POTONG (m/min) untuk		
	Tool Steel	High Speed Steel	Hard Metal
St 22	10 - 12	16 - 25	20 - 25
St 42	12 - 20	20 - 35	25 - 60
St 70	10 - 12	15 - 25	20 - 30
Cast steel	8 - 10	15 - 20	18 - 22
Brass	20 - 50	40 - 80	45 - 100
Bronze	8 - 12	15 - 20	18 - 25
Zink	25 - 30	60 - 90	-
Alumunium	60 - 80	80 - 150	100 - 200

Sumber: Cutting speed selection. Table 1. <http://turningSpeeds&Feeds - RPMCalculations\lathe\rpmcalc.htm>

2.1.5.2 *Spindle speed*/putaran spindel

Sebelum menjalankan mesin ada baiknya menghitung terlebih dahulu jumlah putaran per menit dari *spindle* utama. Besarnya angka putaran yang sesuai akan menjadikan hasil pembubutan dan penggunaan mesin yang optimal. Pada tabel 2.1 ditunjukkan beberapa *cutting speed* untuk material yang berbeda.

Besarnya putaran dipengaruhi oleh:

- Benda kerja (diameter)
- Material benda kerja dan alat potong (C_s)

Sedangkan perhitungan putaran sebagai berikut:

$$n = \frac{1000 \times C_s}{\pi \times d} \dots\dots\dots(1) \text{ (B.H. Amstead, 1986. P.95)}$$

Dimana:

n = Angka Putaran (Putaran / menit)

C_s = *Cutting speed* (m / menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

2.1.5.3 Feeding rate

Adalah rata-rata pemakanan yang didapat dalam satu kali putaran/*revolution* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$vf = n \times f$$

Dimana:

vf = Kecepatan pemakanan (mm / min)

n = Angka putaran (putaran / min)

f = Feeding (mm / putaran)

Adapun standart pemilihan feeding yang disesuaikan dengan jenis material pahat yang dipakai dalam proses pembubutan (Tabel 2.2)

Tabel 2.2. Tabel *feeding rate*

Material	High-Speed Steel		Carbide	
	Roughing (mm/rev)	Finishing (mm/rev)	Roughing (mm/rev)	Finishing (mm/rev)
Low Carbon Steel (kadar karbon 0.2%)	0.010 to 0.020	0.002 to 0.008	0.008 to 0.035	0.006 to 0.010
Med. Carbon Steel (kadar karbon 0.4%-0.8%)	0.008 to 0.018	0.002 to 0.008	0.008 to 0.030	0.006 to 0.010
High Carbon Steel (kadar karbon 0.83%-1.2%)	0.008 to 0.015	0.002 to 0.008	0.008 to 0.030	0.006 to 0.010
Cast Iron	0.010 to 0.025	0.003 to 0.010	0.010 to 0.040	0.008 to 0.012
Bronze	0.015 to 0.025	0.003 to 0.010	0.010 to 0.040	0.008 to 0.012
Aluminum	0.015 to 0.030	0.003 to 0.012	0.015 to 0.045	0.008 to 0.012

Sumber: [http://turning speeds&feeds-feedratecalculations\lathe\feedrcalc.htm](http://turning%20speeds&feeds-feedratecalculations\lathe\feedrcalc.htm).

2.1.5.4 *Depth of cut*

Adalah besarnya kedalaman pemakanan yang diberikan pada saat proses pembubutan, kedalaman pemakanan membedakan jenis pengerjaan yang dilakukan, yaitu *finishing* (*depth of cut*=0.1 mm s/d 2 mm), *medium* (*depth of cut*=1.5 mm s/d 5 mm), *roughing* (*depth of cut*=5 mm s/d 13 mm).

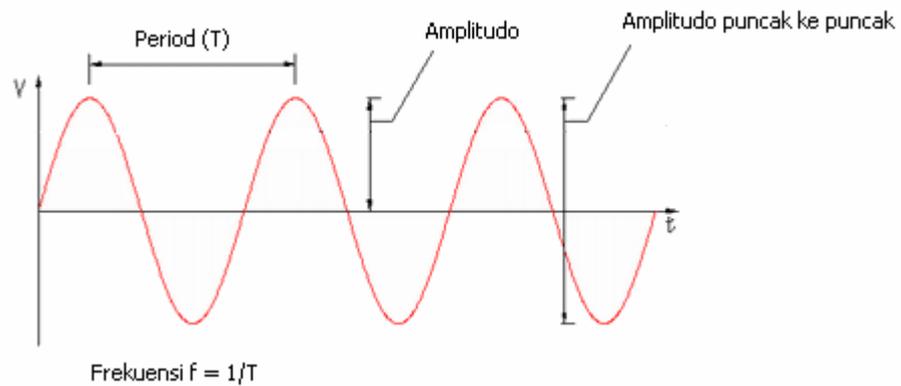
(Sumber: *main catalogue for turning-milling-drilling-boring-toolholding; cutting tool from Sandvik Coromant*)

2.2. Getaran

2.2.1 Getaran dalam konteks umum

Dalam konteks yang paling sederhana, getaran dapat dianggap sebagai goyangan atau gerakan berulang dari suatu obyek di sekitar suatu posisi kesetimbangan. Posisi kesetimbangan adalah posisi suatu obyek dimana jumlah gaya yang dikenakan pada obyek tersebut adalah sama dengan nol. Tipe getaran ini disebut "*whole body motion*", yang berarti bahwa semua bagian dari obyek tersebut bergerak bersamaan pada arah yang bersamaan di semua titik pada waktunya.

Apabila mengamati suatu obyek yang bergetar di dalam gerak lambat, dapat dilihat pergerakan dengan arah yang berbeda. Seberapa jauh, dan seberapa cepat obyek tersebut bergerak dalam menentukan karakteristik getarannya. Istilah lama menjelaskan pergerakan seperti ini sebagai frekuensi, amplitudo dan akselerasi (Gambar 2.13).



Gambar 2.13. Amplitudo, periode dan frekuensi

2.2.1.1 Frekuensi

Suatu obyek bergetar bergerak mundur dan maju dari posisi normalnya. Suatu siklus getaran yang lengkap terjadi ketika obyek tersebut berpindah dari satu posisi ekstrim ke posisi ekstrim lainnya, dan kembali lagi ke posisi awal. Banyaknya siklus yang dapat dilalui oleh obyek yang bergetar dalam satu detik, disebut frekuensi. Satuan frekuensi adalah hertz (Hz). Satu hertz sama dengan satu siklus per detik.

2.2.1.2 Amplitudo

Suatu obyek yang bergetar bergerak ke suatu jarak maksimum pada tiap sisi dari keadaan diam. Amplitudo adalah jarak dari posisi diam ke posisi ekstrim pada tiap sisi dan diukur dalam meter (m). Intensitas getaran tergantung pada amplitudo.

2.2.1.3 Akselerasi

Akselerasi adalah suatu ukuran seberapa cepat kecepatan berubah terhadap waktu, dan oleh karena itu, akselerasi dinyatakan dalam satuan meter per detik atau meter per detik kuadrat (m/s^2). Besar akselerasi berubah dari nol ke

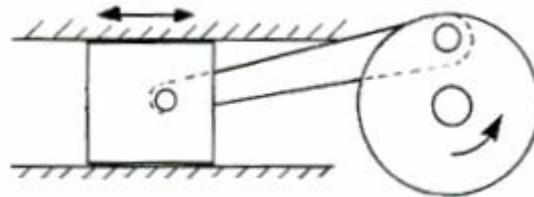
maksimum selama masing-masing siklus getaran, dan meningkat seperti pergerakan obyek yang bergetar lebih lanjut dari posisi diamnya.

2.2.2 Getaran dalam konteks khusus

Dalam konteks ini, getaran dibedakan atas 2 jenis yaitu getaran bebas dan getaran paksa.

2.2.1 Getaran bebas

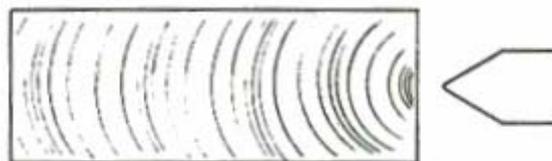
Getaran bebas (Gambar 2.14) terjadi bila sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (*inherent*) dan jika tidak ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya.



Gambar 2.14. Aplikasi getaran bebas pada piston (Victor Wowk, 1991)

2.2.2 Getaran paksa

Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa (Gambar 2.15). Jika rangsangan tersebut berosilasi, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi.



Gambar 2.15. Aplikasi getaran paksa pada benda yang diberi tekanan (Victor Wowk, 1991)

Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa jenis getaran yang terdapat pada mesin bubut yang sedang berputar dalam keadaan kosong (tanpa dipasang benda kerja) adalah getaran bebas yang terjadi secara alami karena beberapa faktor, misalnya karena umur mesin bubut yang sudah tua. Sedangkan ketika pembebanan diberikan (benda kerja dipasang dan proses pembubutan dijalankan) getaran yang timbul digolongkan sebagai jenis getaran paksa karena adanya gaya yang diberikan pada mesin bubut tersebut.

2.3 Alat ukur getaran

Alat ukur yang digunakan dalam percobaan ini adalah alat ukur jenis IRD *model 838 mechanalysis analyzer* (lihat Gambar 2.16)

2.3.1 Bagian-bagian (lihat Gambar 2.18)

1. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Layar monitor berukuran 2.4"x4.8" yang dapat menampilkan semua informasi secara visual, dilengkapi dengan control kontras untuk memaksimalkan tampilan dan lampu latar untuk pengoperasian di daerah gelap.

2. Printer

Mencetak hasil visualisasi pada kertas thermal/*thermal paper*.

3. Tombol-tombol penting

- a. ON/OFF : Menghidupkan dan mematikan alat.
- b. AMPL : Mengatur skala/range amplitude.
- c. MODE : Memilih mode/menu yang akan dipakai, apabila ditahan pada keadaan bukan di hold/tahan, maka akan menjalankan perintah pause.
- d. ENTER : Mengaktifkan perintah yang dipilih.
- e. ← and → : Hanya beroperasi pada mode HOLD, untuk menggerakkan cursor.
- f. HOLD/CLEAR : Menahan display atau jika ditekan lagi akan membersihkan layar dan memulai dari awal lagi.

- g. LIGHT : Menghidupkan lampu latar yang akan hidup sendiri ketika masa aktif baterai tinggal 3 menit lagi.
- h. PAPER FEED : Menggulung kertas printer pada mode HOLD dan mode MENU.
- i. PRINT : Memulai proses mencetak.

4. STD Input

Koneksi input dengan batang pengukuran (Gambar 2.17)

5. Charger Input

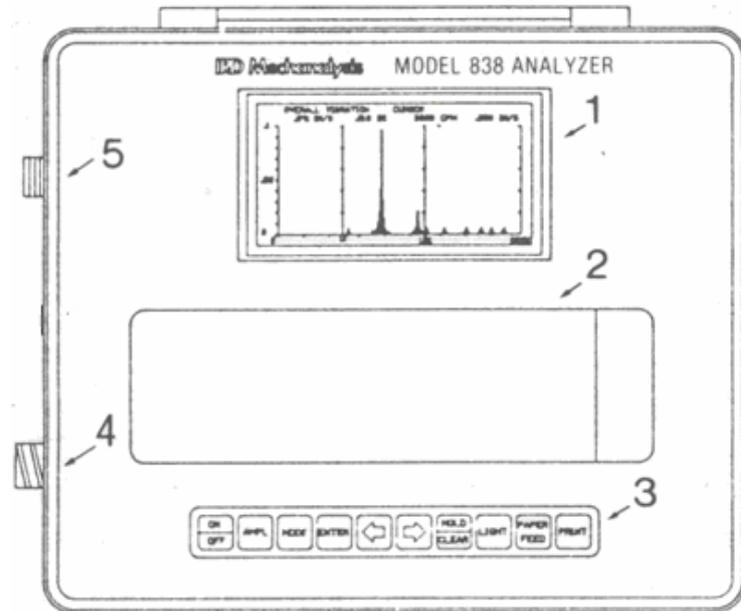
Koneksi input dengan *charger*/pengisi baterai



Gambar 2.16. IRD Model 838 *Mechanalysis Analyzer*



Gambar 2.17. Batang pengukuran



Gambar 2.18. Bagian-bagian *Mechanalsis Analyzer* model 838

2.3.2 Cara kerja

MENU (STD. INPUT SELECTED)		HRS
Press MODE to select display		>8
Press ENTER to activate display		
* VELOCITY	AMPLITUDE VS TIME	
VELOCITY	VS FREQ: GRAPHIC	
VELOCITY	VS FREQ: TABULAR	
ACCELERATION	AMPLITUDE VS TIME	
ACCELERATION	VS FREQ: GRAPHIC	
ACCELERATION	VS FREQ: TABULAR	
DISPLACEMENT	AMPLITUDE VS TIME	
DISPLACEMENT	VS FREQ: GRAPHIC	
DISPLACEMENT	VS FREQ: TABULAR	
SPIKE ENERGY	AMPLITUDE VS TIME	

Gambar 2.19. Display pemilihan pengukuran

Berikut adalah cara pengoperasiannya:

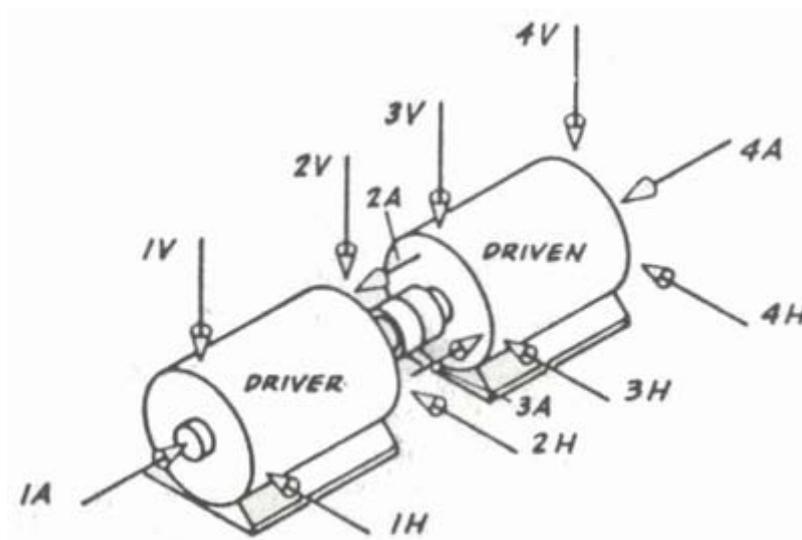
1. Tekan tombol ON/OFF untuk menghidupkan.
2. Tekan *enter* pada baris pertama (Gambar. 2.19)
3. Grafik akan terlihat setelah batang ukur disentuh pada mesin yang bergetar.
4. Untuk memplot tampilan display, tekan *hold*.
5. Kemudian tekan print untuk mencetak hasil uji getaran.

2.3.3 Peletakan batang pengukuran

Ada 2 cara peletakan batang pengukuran, yaitu secara horizontal (Gambar 2.20) dan secara vertikal (Gambar 2.21).

- Horizontal

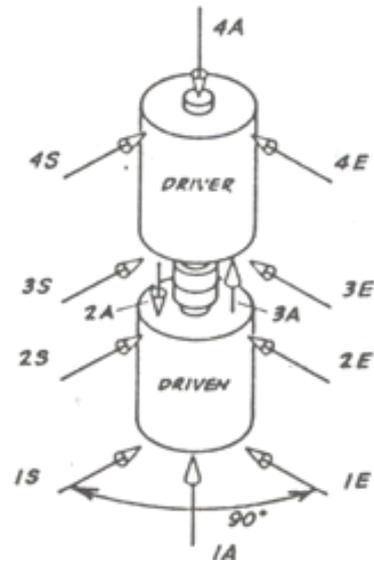
Yang dimaksudkan pada pengukuran secara horizontal adalah dimana posisi benda kerja berada dalam posisi menanjang ke samping/ horizontal. Pada pengukuran horizontal terhadap sumbu X ditunjukkan oleh 1H, 2H, 3H, 4H, terhadap sumbu Y ditunjukkan oleh 1V, 2V, 3V, 4V, dan terhadap sumbu Z ditunjukkan oleh 1A, 2A, 3A, 4A.



Gambar 2.20. Peletakan batang pengukuran secara horizontal

- Vertikal

Pengukuran secara vertikal adalah dimana posisi benda kerja berada dalam posisi menanjang ke arah vertikal. Pada pengukuran vertikal terhadap sumbu X ditunjukkan oleh 1E, 2E, 3E, 4E. Sedang terhadap sumbu Y ditunjukkan oleh 1S, 2S, 3S, 4S, dan terhadap sumbu Z ditunjukkan oleh 1A, 2A, 3A, 4A.



Gambar 2.21. Peletakan batang pengukuran secara vertikal